

فهرست الجزء الاول من كتاب حسن الصنيع في اصول الطبيعه

صحيفه

الدرس الاول

صحيفه

الدرس الثالث

الدرس الرابع

الدرس الخامس

الدرس السادس

الدرس السابع

الدرس الثامن

الدرس التاسع

الدرس الثالث عشر

الدرس الرابع عشر

الدرس الخامس عشر

صحيفه

صحيفة

تمت فهرسة الجزء الأول من كتاب

حسن الصنيعة في أصول الطبيعة

م



بسم الله الرحمن الرحيم

سبحان من تعالى عن الجسمية * وعن المادة والكيفية * وتنزه عن التركب والبساطة * وعن قصور العلم والاحاطة * وعن التحيز والحلول في المكان * أو أن يشغله شأن عن شان * احمده تدبر الكائنات بحكمته * واودعها عجايب قدرته * لا يوهنه كر الجديدين * ولا يفنيه تداول الملوين * اطلع على سر مكنوناته * وعجائب اسرار مخلوقاته * من اصطفاه من عباده المقربين * وحماه من بينهم بفضله المبين * مغناطيس القلوب وسر الخليقة * ومركز دوائر العرفان والحقيقة * صاحب العزمات والقوى * من لا ينطق عن الهوى * محمد المبعوث من خير أرومة * المنتخب من أكرم جرثومة * صلى الله وسلم عليه * وعلى آله وكل منتسب اليه * مالمع بارق * وبزغ شارق * وبعد فالطبيعة عند سليمها * الناظر في منتجها وعقيمها * أقوى الأدلة على وجود الصانع * وأكبر البراهين على أنه الضار النافع * ولا التفات الى من طبع الله على قلبه * وطرده عن زمرة احبابه وحزبه * حيث اغتر بظواهر الأسباب * وزعمها مؤثرة بلا ارتياب * ومن قال انها موقعة في الالحاد * فقد عدل عن طريق الحق وحاد * كيف لا وبها ظهور آثار قدرة واجب الوجود * وما اودعه من الاسرار العجيبة في كل موجود * هيهات أن يدرك ذلك الاغبياء * أو يقف عليه سوى الأذكياء * وبالجملة فهي من اهم العلوم * واولاها بالتقدم عند ذوى المفهوم * لانها أصل لكثير منها * وقواعدها متفرعة عنها * وقد تعرض رب الذهن الثاقب * والرأى الألمعي الصائب * صاحب التراتيب الرائعة * والشيم المستحسنة الفائقة * ناظر المدارس الثلاث البهية * الرياضية والتجهيزية والابتدائية * من تسلق في رتب المعالى وتداركه * حضرة سعادة علي بيك مبارك * لجمع كتاب فيه * جامع لمحاسن مجانيه * فشرع في جمع منتخباته * وأمر بترجمتها على وفق مرغوباته * وقرأ منه دروسا أودع فيها من المحاسن جنوسا * ولما لم يتيسر له اكماله * وعاقته عن تكميله اشغاله * احالها اعتنى بجمعه وترتيبه * على صاحب الفطنة القوية * والروية الحاضرة الألمعية * المتوكل على ربه المعيد المبدى * معلم هذا العلم وغيره علي عزت افندى * ولم يتيسر في هذا العام * الابراز الجزء الاول على التمام * فكان يقابله معي بعد الترجمة * ويصلح من معانيه ما فيه لعثمة * ويحذف ما لا حاجة اليه * ويزيد ما يحسن لديه * تسهيلا على من في عقله قصور * كما كان يفعل البك المذكور *

* ويشكله ويبينه *

ولله در مترجم فرنساويته * وصائغ أساليب عربيته * صاحب الفطنة والمهارة * السيد افندي عماره * أحد معلمي اللغة الفرنساوية * بالمدرسة التجهيزية * وكان تحرير مبانيه * وتحقيق مقاصده ومعانيه * على يد أحد معلمي اللغة العربية * بالمدرسة الرياضية والتجهيزية * ومحرر كتبها العلمية * ومفرغها في القوالب العسجدية * ذي التقصير والعجز الحقيقي * ابراهيم عبد الغفار الدسوقي * وقد سماه حسن التتبعة في أصول الطبيعة * وكان ابرازه في ظل صاحب السعادة * والفطنة الذكية الوقاده * الآصفي الأعظم * والداوري الأكرم * صدر الصدور العظام * رب الحلم والشجاعة والإقدام * من شاع بين البرية ذكره * وعلى في الخافقين قدره * سعادة افندينا عباس باشا حلمي * بلغه الله من الخيرات ما اليه يومي * قال مصححه ذو الحصان * يمدح تاج الصدارة *

* قامت بحسن شأنه في الناس * آيات جود ذات حد قياس *
* وعدالة من لطف مغناطيسها * جذبت اليه كل قلب قاس *
* وفطانة عظمى تألق مزنها * فمحت أضاليه صدى ايماس *
* سمحت سحائب جوده في مصرنا * وبنى لاعلى المجد خير أساس *
* حليت للمعاني فيه واشتهرت به * فكست مباني الشعر خير لباس *
* وتسابق الشعراء فيها فازدرت * أشعارهم بمقال كل نطاسي *
* يزري بأصوات المثالث ذكرها * وصدى محاسنها بطيب الآس *
* ألقت اليه زمامها العليا وفي * كرم وحلم جل عن مقياس *
* أحيى معاني الشرع حين فهمته * في كل ما أوفى على ايناس *
* الله يحفظه ويحفظ نجله * ويقيه جمع وساوس الخناس *
* بمحمد وبصحبه وبنيه * وبآله الأطهار والأكياس *

مقدمة

من المعلوم عند الأمم المتمدنة * ان الطبيعة من العلوم المستحسنة * فان مستكشفاتها العلمية * وفوائد تطبيقاتها العرفانية * صيرتها انفع علوم البشر * ولعل شيء يجول فيه النظر * كيف لا وعليها مدار المباحث العلمية * والثمرات الصناعية والتجارية * التي هي حلية هذا العصر * وزينة هذا الدهر الانرى أن حوادثها ولو غير مشاهدة * تستعمل في ايضاح ما فيه فائدة * فاذا يجب علينا مع الغيرة والاجتهاد * أن نبحث عن كل علم هو منها مستفاد * وأن نختبر ما يعمل من نتائجها المفيدة * من الفنون

العامة النفع الجديدة * فلا ينبغى اهمال شئ من نظرياتها المرغوبة * إذ هى عبارة عن نصرة العقل المطلوبة * بل يجب التوغل مع مزيد الرغبة * فى اسرار موثراتها العادية المستحبة * اذ الاجتهاد فيها لا يضيع هدرًا * بل ينتج فوائد وثمرات غررًا * هى اتساع الادراكات والتصورات * والإنقاذ من الاوهام والجهالات * ونقد الآراء المحيرة للنظر * ومعرفة الحوادث المهمة ذات الخطر * والوقوف على حقائقها * والاطلاع على دقائقها

هذا ومما يدل على أهمية الطبيعة * وشرفها على غيرها من العلوم البديعة * أن علماء كل قرن وقدماء الفلاسفة * سبق لهم فى هذا العلم كثير ممارسة * فقد تصدى هيراقليت * واكزينوفون وديموكريت * وابيقور * وامبيذوقل * وافلاطون * ومن حذى حذوهم من ارباب الفنون * للبحث عن تطبيق عدة حوادث طبيعية * لتظهر لهم حقيقة هذا العلم الخفية * لكنها لم تظهر الا فى سنة ٣٥٠ قبل الميلاد * وكان ذلك بلا ريب ولا ارتياد * على يد الفيلسوف الشهير * رب الفهم الغزير * والعقل الذكى الراجح * استاذ اسكندر الاكبر الفاتح * ارسطاطاليس الذى شاع ذكره * وانار العقول هلاله وبدره * وبسببه شكر والله هذا الملك الهمام * خالقه أن رزقه فى زمنه هذا الغلام * فقد كان هذا الفيلسوف الجليل * والحبر الشهم النبيل * يعين الاسكندر على فتوحاته * بابدائه عجائب فراساته *

وبعد أن مضى على ذلك خمسة عشر قرنًا * وكادت اصول هذا العلم ان تفنى * ظهر فى القرن السادس عشر * من برع على المتقدمين واشتهر * الفيلسوف الانكليزى دوجيمركون * فاشتمالك بآرائه أرباب الفنون * الى هذا العلم النفيس * فأسسه اعظم تأسيس * وقمع به الاوهام الفاسدة * وهدّ أساس الآراء الكاسدة * وعضده بذهنه الصائب * ولم يلتفت الى ما قاساه فيه من المصائب *

وفى سنة ١٦٠٠ من الميلاد ظهر رب الغيرة والاجتهاد الحبر الشهير الفرنساوى * رميوس الذى هو للذكاء حاوى * فحث الناس على تعاطيه * وبذل الجهد والغيرة فيه * فعند ذلك أخذ هذا العلم فى التقدم والبراح * وبحث قواعده المبنية على الاستكشافات غاية النجاح *

وفى القرن السادس عشر ظهر ديكرت الفرنساوى واشتهر * فأزال عن هذا العلم الاوهام الفلسفية * وادخل فيه العلوم الرياضية * فاوضح بها ما خفى فيه من الاجزاء * ثم توالى ظهور الاحبار والعلماء * حتى ظهر صاحب الذهن الرائق * والعقل الراجح الفائق * من اشتهر من التحير عليله * المعروف بالماهر غليله *

فأسس هذا العلم على أمتن أساس * وأزال منه كل وسوسة والباس * ومن هذا الوقت علت اركانه * وارتفع بين الناس شانه * وسلك الطريقة القويمة * وصار له أى قيمة * وكان هذا الشهير يقاسى من اجله المشقات * ويعبر بيحار حسيمات * وبعده بنصف قرن ظهر الفيلسوف المعروف * والحبر الهمام المعروف * المعلم نوتن الانكليزى * صاحب الرأى الثاقب الابريزى * الذى لم يسمح الدهر بمثله * يجرى فى ميدانه بخيله ورجله * وادخل فيه طرقا حسابية * تكفلت بايضاح مسائله الخفية * وحذا حذو نوتن من تبعه من الرجال * فبلغ بذلك درجة الرفعة والكمال * ولم يزل آخذا فى الارتقا * حتى استوى على اعلى مرتقا *

وبالجملة فكل صنعة مفتقرة اليه * ومدار كل حرفة عليه * وحيث أن الانسان عرضة لكثير من المؤثرات الطبيعية * لاسيما الحوادث الجوية والأسباب الاجنبية * يجب عليه أن يشمر ساعد الجد والاجتهاد لدفع ما نزل به من الحوادث والمواد * ولا يتصل الى ذلك الا بالوقوف على حقيقة تلك المؤثرات * وتمييز ما فى تأثيرها وتغيرها من الكيفيات * والبحث عن أصلها * وعن طرق تقويتها *

وبهذا يتضح لك موضوع هذا العلم وثمرته * ومدة المميز لكنهه وفائدته



بسم الله الرحمن الرحيم

دروس اصلية في الطبيعة

الدرس الأول

مقدمة

بند الجسم ما كان ماديًّا والمادة هي الجواهر التي يتركب منها الأجسام والأجسام ليست مركبة من مادة متصلة وانما هي مركبة من أجزاء دقيقة من المادة منفصلة عن بعضها بأخلية فارغة وهذه الأجزاء الصغيرة تسمى عناصر جوهرية والأخلية التي تفصلها عن بعضها تسمى بالمسام

ثم أن جميع الأجسام ليست ذات مادة واحدة فان الذهب والكبريت مثلاً يتركب أحدهما من مادة غير المادة التي يتركب منها الثاني وهناك ايضًا أجسام تحتوي على عدة أجناس من المادة وذلك كالخشب والزجاج والمرمر والأجسام البسيطة تطلق عادة على الأجسام المكونة من مادة ذات جنس واحد وأما الأجسام المركبة فهي المركبة من مواد مختلفة الجنس

ولا يمكن أن يكون عدد الأجسام البسيطة محدودًا بوجه مطلق وذلك لسببين احدهما انه ربما ظهر تركب بعض الأجسام التي تعد من جملة الأجسام البسيطة والثاني أنه ربما وجدت أجسام جديدة بسيطة بالبحث والتفتيش في بعض الأجسام المركبة والمحقق منها أربعة عند قدماء الطبيعيين وأما الآن فالمحقق منها ثمانية وخمسون جسمًا وهذه الأجسام هي التي يتركب منها بواسطة اتحادها ببعضها جميع الأجسام المركبة

في أحوال الأجسام

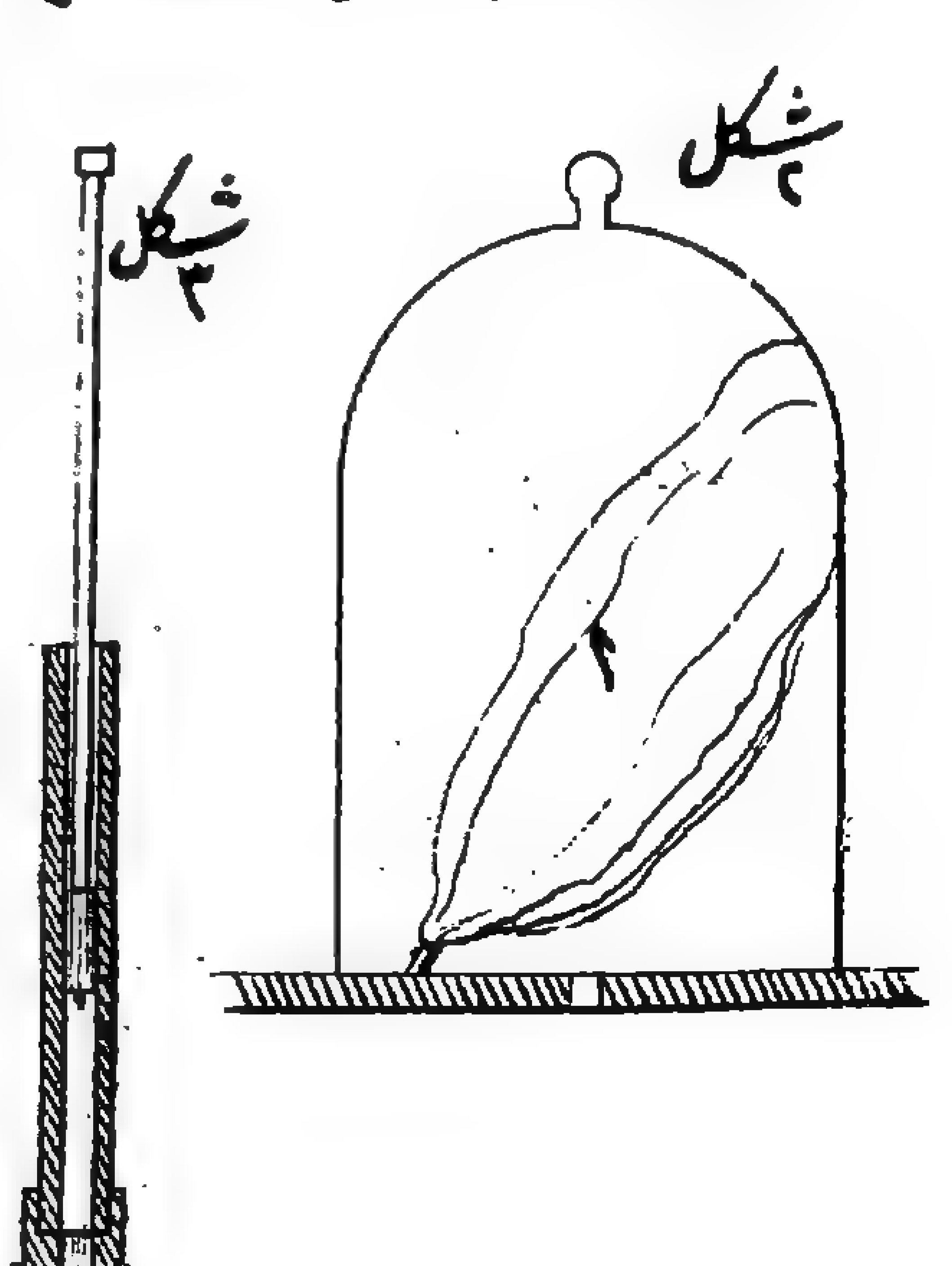
بند الأجسام التي تتركب منها الكرة الأرضية ليست على حالة واحدة فان بعضها جامد كالذهب والفضة والخشب وبعضها مائع كالماء والزيبق وبعضها غازي كالهواء المحيط بنا ويجب علينا أن نعرف حقيقة الأجسام الجامدة والأجسام المائعة والأجسام الغازية بوجه مضبوط فنقول

أما الأجسام الجامدة فهي المركبة من اجزاء لا يمكن فصلها عن بعضها الا بقوة كبيرة كانت أو قليلة وبناء عليه يقال انها مرتبطة ببعضها بواسطة تماسك قويًّا كان أو ضعيفًا وأما الأجسام المائعة فهي المركبة من اجزاء تنفصل عن بعضها بسهولة ومع ذلك فلا مانع من وجود الالتصاق فيها

فيها وأما الغازات فاجزاؤها متحركة على بعضها دائماً وهى مستمرة التمدد والانتشار
وقد تسمى المائعات والغازات فى الغالب بالسوائل وتسميتها بهذا الاسم أعم وذلك بسبب سيولة
اجزائها الصغيرة وانزلاقها بعضها فوق الآخر مع السهولة

ومن البديهى معرفة التماسك الطبيعى لعناصر الجسم الجامد غير أن كلاً من التصاق
العناصر المائعة وتمدد العناصر الغازية غير معروف حق المعرفة وحينئذ فيجب بيانهما
بالتجربة وذلك بأن يعلق تحت احدى كفتى ميزان لوح من الزجاج كاللوح ا ب
(من شكل ١) بكون مستويه افقياً ثم نعادله بأثقال توضع فى الكفة الأخرى فاذا جعلنا
حينئذ السطح الأسفل للوح مماساً لجرم من الماء أو من مائع
آخر من المائعات نجد أنه يمكن اضافة اثقال أخرى للمتقدمة
لا مانع من أن تكون كبيرة بدون خلل فى التوازن وهذه التجربة تدل
أولاً على أنه لو لم يوجد التصاق بين لوح الزجاج والمائع
لكفى أقل ثقل فى خلل التوازن
ثانياً على أن فى عناصر المائع التصاقاً ولولا ذلك الالتصاق لرفع ادنى ثقل لوح الزجاج مع طبقة
رقيقة من الماء الذى يمسه

وتمدد العناصر الغازية سهل الاثبات وذلك لأنا لو وضعنا تحت ناقوس الآلة المفرغة مثانة
كالمثانة ا من (شكل ٢) وكان نصفها ممتلئاً من الهواء ثم فرغنا الهواء من الناقوس
لتزايد حجم المثانة شيئاً فشيئاً وهذا يدل على أن عناصر الغاز التى
تحتوى عليها المثانة ضغطت سطوحها الداخلية بسبب دفع
العناصر المذكورة بعضها بعضاً



ويتوصل الى مثل هذه النتيجة بواسطة الزند الهوائى وهو
اسطوانة من زجاج أو من نحاس أصفر كما فى (شكل ٣)
مسدودة الأسفل تحرك فيها مكبس محكم يمنع دخول
الخارج وخروج الداخل فاذا ضغطنا المكبس ضغطاً
خفيفاً شاهدنا أنه ينزل فى الاسطوانة وهذا يدل على
أن الهواء قابل للضغط بالكلية غير أنه يعود الى حالته

بزوال الضغط وذلك يدل على أن عناصر الهوآء تدفع قاعدة المكبس بسبب دفع بعضها بعضًا وتطلق المرونة أو الانتشار على قوة تمدد عناصر الغازات

ثم أن من الأجسام ما يظهر بثلاثة أحوال وذلك بحسب درجة الحرارة التي تعرض له كالمآ فتارة يكون جامدًا أي جليدًا وتارة يكون مائعًا وتارة يكون غازًا أي بخارًا كما أن الكبريت قد يكون جامدًا وقد يكون مائعًا وقد يكون غازا ومنها ما يظهر بحالتين كالحديد والكوءول أي روح النبيذ ومنها ما لا يتغير عن حالة كالهواء والفحم

في المؤثرات

نبذ من حيث أن الأجسام الموجودة في العالم لا يمكنها بذاتها أن تتحرك ولا أن تتغير من حالة الى اخرى ولا أن تتكيف ادنى تكيف وأنهما لا تلازم حالة سكونها بل قد تتحرك وانها أغلبها يستحيل من حالة الجمود الى الحالة الميوعة وحالة الغازية وأن خواصها وحجمها وطبيعتها تتكيف في كل لحظة يلزم أن يكون هناك أسباب لجميع تلك التغيرات ولحدوث جميع هذه التكيفات وتسمى هذه الأسباب بالمؤثرات وحقائق هذه المؤثرات غير معروفة اذ لم توجد فيها خاصية ما من الخواص الضرورية للمادة وان ظهرت لنا فلا يكون ذلك الا بواسطة التكيفات التي تصل منها للأجسام وبواسطة الحركات التي توصلها اليها الحوادث التي تنتجها فيها وهي تنقسم الى ثلاث أنواع

النوع الأول التركيب أو القوة الحيوية

الثاني الجذب العام الذي هو عبارة عن الثقل والجذب الفلكي والجذب العنصري

والثالث مظهر الحرارة والضوء والمغناطيس والكهربا

في الغرض من الطبيعة

نبذ الطبيعة العامة هي البحث والوقوف على حقيقة العالم الطبيعي وهي تشتمل على معرفة الأجسام وعلى الحوادث الناتجة من المؤثرات وهذا العلم متسع المباحث لانه يشتمل على علم الفلك وعلى التاريخ الطبيعي وعلى الكيميا وعلى الطبيعة المحضة

والغرض من الطبيعة المحضة الوقوف على حقيقة الخواص العامة للأجسام وعلى حقيقة حوادث الثقل والجذب العنصري والحرارة والمغناطيس والكهربائية والضوء اذا كانت هذه الحوادث غير مصحوبة بتغير دائم في طبيعة الأجسام ولا يبحث في هذا العلم عن الخواص الخاصة

علي

ابراهيم الدسوقي

الخاصة للأجسام ولا عن التركيب ولا عن الجذب الفلكى ولا عن الحوادث التى تتكيف فيها طبيعة الأجسام بوجه ما ولا بالوقوف على معرفتها هنا لأن كلا مما ذكر خاص ببعض من الفنون الثلاثة الأخر التى يشتملها مع علم الطبيعة المحضة علم الطبيعة العامة

وحيث تقررت هذه التعريفات فلا مانع من الكلام على الغرض من الطبيعة المحضة فنقول

الباب الأول

فى الخواص العامة للأجسام

بند خواص الأجسام هى طرق تكونها المختلفة وهى اما خصوصية أو عمومية أما الخواص الخصوصية فلا تصلح الا لبعض الأجسام وأما الخواص العمومية فتصلح لجميع الأجسام على أى حالة تظهر بها تلك الأجسام واصول الخواص المذكورة ستة وهى التحيز وعدم التداخل والمسامية وقابلية الانقسام وقابلية الحركة والقصور الذاتى فالتحيز وعدم التداخل ضروريان لتصور المادة وبقية الخواص ليست ضرورية لتصورها لانه يمكن تصور الأجسام بدونها

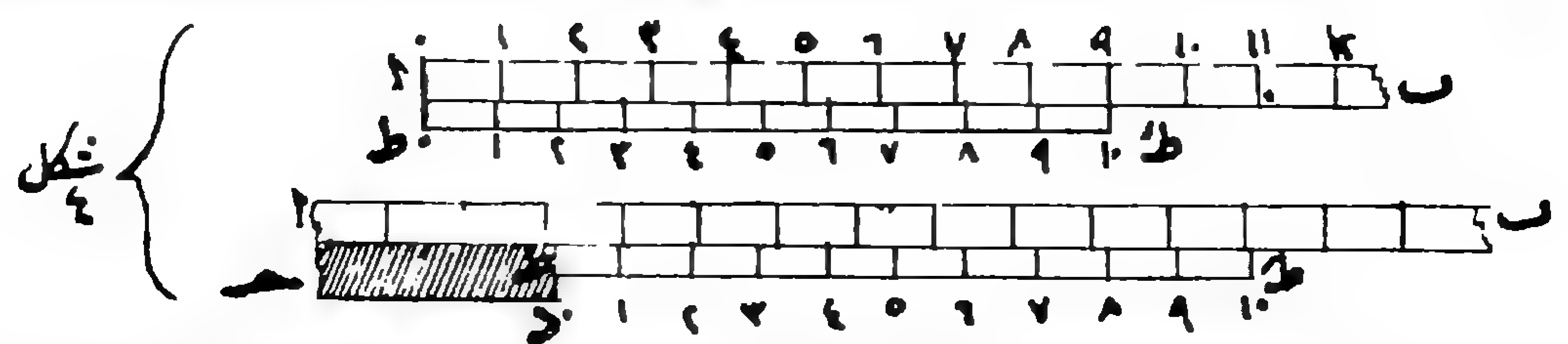
فى التحيز

بند التحيز أن يشغل الجسم مقدارا من الفراغ الموهوم وهذا المقدار يسمى حيز هذا الجسم والتحيز هو احدى الخواص الضروريه للأجسام لكنه غير كاف لتحقق وجودها وذلك لأن صور الاشياء التى تنعكس فى المرايا يظهر أنها متحيزة ومع ذلك فليست أجساما

ويجب علينا أن نذكر هنا طريقة لقياس الاطوال مع الضبط وذلك بأن نطبق الوحدة الخطية كالمتر مثلا وتقاسيمه الثانويه على الطول المفروض ثم ننظر لعدد الأمتار والديسمترات والسنتيمترات والمليمترات التى يحتوى عليها الطول المراد تقديره لكن اذا كان الطول لا يوافق احد التقاسيم لا يلزم أن نقسم ايضا المليمترات الى عدة اجزاء متساوية لان بذلك تعظم صعوبة العملية ولو فرض انها تمت لتعسر على الانسان أن يميز القسم الحقيقى الموافق لنهاية الطول بل يستغنى عن مثل هذا التقسيم باستعمال آلة الورنية سميت باسم مخترعها وكيفية عمل تلك الآلة أن تأخذ مسطرة كالمسطرة ا ب كما فى (شكل ٩) المستعملة وحدة ثم نقسمها الى مليمترات

فاذا اردنا أن نقيس الاطوال المقربة بعشر المليمتر نأخذ مسطرة اخرى كالمسطرة ط ط

طولها ٩ مم وتقسمها الى عشرة اجزاء متساوية فهذه المسطرة هي الورنية وكل جزء من اجزائها



يعادل $\frac{9}{10}$ الميليمتر وينقص عن اجزاء المسطرة الأولى بقدر $\frac{1}{10}$ الميليمتر فاذا طبقنا حينئذ الورنيه ط طَ على المسطرة ا ب بان طابقنا بين الطرف ا والطرف ط لا يكون هناك مطابقة بين بقايا التقسيمين فيتأخر خط النمرة ١ من الورنيه بقدر $\frac{1}{10}$ الميليمتر وخط النمرة ٢ بقدر $\frac{2}{10}$ وخط نمرة ٣ بقدر $\frac{3}{10}$ وهكذا واذا طابقنا بين خط نمرة ١ من الورنيه وبين الخط المقابل له من المسطرة تقدمت الورنية بقدر $\frac{1}{10}$ الميليمتر مبتدأ من نهاية المسطرة وتتقدم بقدر $\frac{2}{10}$ و $\frac{3}{10}$ و $\frac{4}{10}$ وهكذا اذا طابقنا بين خطوط نمرة ٢ و ٣ و ٤ وهكذا من الورنية وبين نظائرها من المسطرة وطريقة استعمال الآلة المذكورة خالية عن الصعوبة وذلك انا اذا أردنا قياس الطول حـ د مقرباً بعشر الميليمتر نضع هذا الطول على المسطرة ا ب المجعولة وحدة بان نطبق الاطراف على بعضها فنجد جملة ميليمترات وكسراً لابد من تقديره ولهذا نطبق ورنية ط طَ على نهاية الطول التي هي د ثم نلاحظ خط الورنية الذي ينطبق على أحد خطوط المسطرة فان كان ذلك هو خط نمرة ٦ كما هو مشاهد في الشكل كان ذلك دليلاً على أن الكسر يعادل $\frac{6}{10}$ الميليمتر ولا تفيد الورنية المذكورة الا التقريب بعشر الميليمتر وقد يمكن أن يعمل منها انواع أخرى تفيد تقريبات مختلفة اما بواحد من عشرين أو بواحد من خمسين من الميليمتر وذلك بأن نأخذ مسطرة يكون قدرها ١٩ أو ٤٩ ميليمترا ونقسمها الى ٢٠ أو ٥٠ جزءاً متساوية ويصعب علينا ان نتحصل على تقريب أعظم من ذلك لانه لو زاد التقسيم عن هذا الحد لاختلطت جملة من خطوط الورنيه بالنظر لعرضها بخطوط المسطرة المجعولة وحدة ولم يعرف الخط الذي يختار ويجعل خطاً للانطباق وتستعمل الورنية أيضاً في قياس الدقائق والثواني التي يحتوي عليها قوس مفروض

في عدم التداخل

بند ٧ عدم التداخل هو أن لا يشغل جسمان أو عنصران من جسم حيز احدهما في آن واحد وتعلقه بالعناصر المادية أخص من تعلقه بالأجسام لانه يمكن تقليل حجم الجسم بتبريده أو بتعريضه لضغط كبير

كثير أو قليل وقابلية التداخل الصورية للأجسام ناشئة عن الاخلية الموجودة بين عناصرها واجزائها المادية وهذه الأخلية في الحقيقة يقل امتدادها بواسطة تأثير عدة قوى

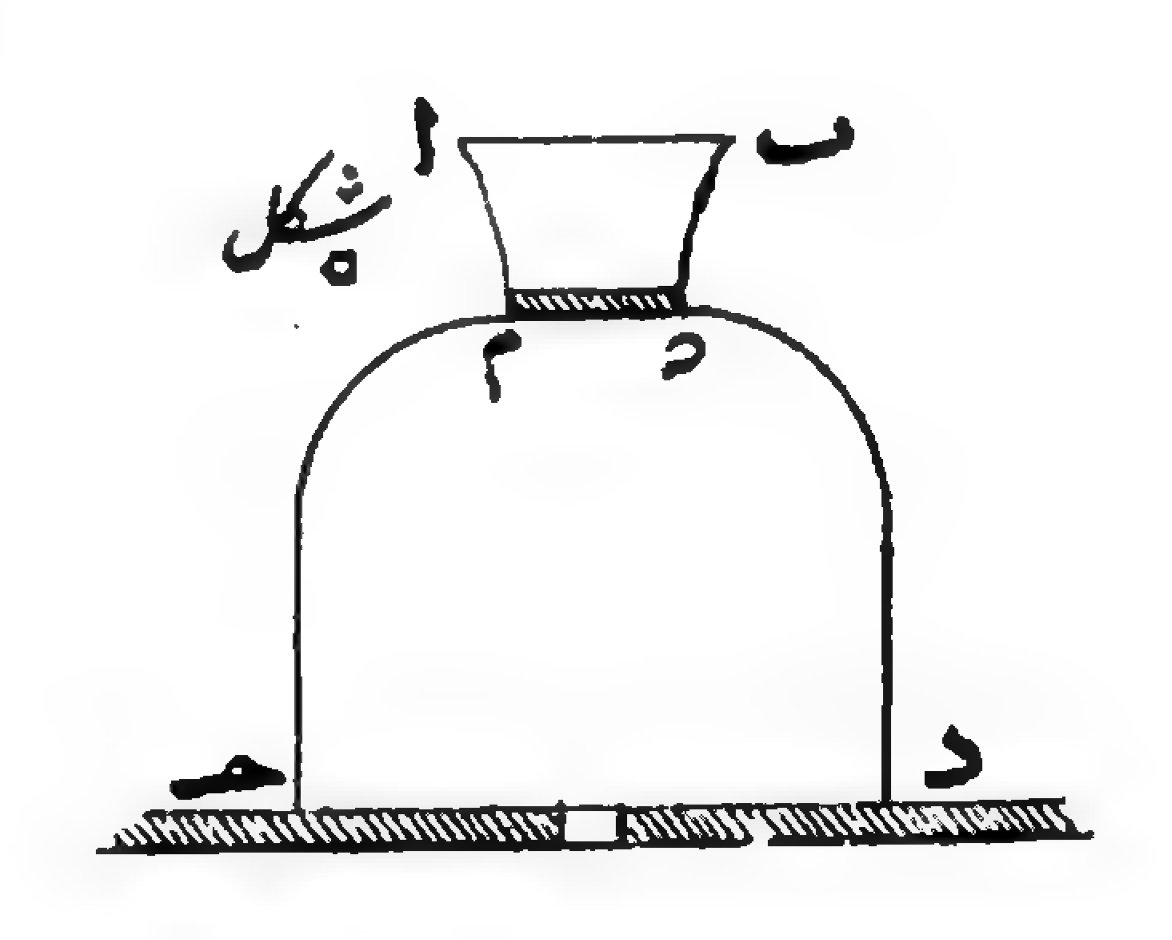
ومن المعلوم عند كل إنسان عدم تداخل العناصر المادية للأجسام الجامدة والأجسام المائعة وأما عدم تداخل الغازات فغير معروف عند الخاص والعام ويظهر ذلك بغمس زجاجة مقلوبة في الماء فيرى حينئذ أن الماء لا يرتفع في الزجاجة الا قليلا وهذا يدل على أن الهواء الداخل منع دخول الماء ويدل ايضا على أن الهواء مركب من اجزاء عديمة التداخل كالأجسام الجامدة والأجسام المائعة

في المسامية

بند ٨ المسامية هي أن يكون في الأجسام مسام أي أخلية بين اجزائها المادية

والمسام على نوعين أحدهما ما كان غير منظور ولا يوجد الا بين عناصر الأجسام ولا يمكنه أن يقبل جوهرا ماديا بدون تأثير كيماوي ويسمى ذلك بالمسام العنصرية وهو موجود في جميع الأجسام والثاني ما كان منظورا بمجرد النظر فقط أو بواسطة الآلة المعظمة فيمكن أن تدخل فيه الغازات والموائع وان تدخل فيه أيضا الأجسام الجامدة في بعض الأحيان ولا يوجد النوع الثاني من المسام في جميع الأجسام ويكون في كثير من الأجسام الجامدة

وتحقق مسامية الخشب بواسطة اناء من زجاج كالأناء ا ب ح د من (شكل ٥) منقسم الى قسمين منفصلين عن بعضهما بواسطة حاجز من خشب كالحاجز م ه فاذا وضعنا زئبقا في القسم الأعلى وفرغنا الهواء من القسم الآخر رشح الزئبق من مسام الخشب وسقط في الاصطوانة على هيئة رذاذ أي مطر دقيق ويصح تعويض الحاجز المذكور بجلد الغزال أو بجلد الأزوى والامتصاص هو الطريقة



السهلة في اثبات مسام الطباشير وغيره من الأجسام الأخر فاذا غمسنا قطعة من الطباشير في الماء نرى انه يخرج منه في الوقت والساعة فقاقيع اي كرات صغيرة تصعد الى أعلى الموائع وما هي الا هواء كان شاغلا لمسام الطباشير فصعد منها بمجرد دخول الماء فيها ومن البراهين القاطعة على الامتصاص انك اذا كسرت قطعة الطباشير بعد مضي مدة من الزمن وجدتها مبتلة الباطن وفي المعادن الكثيفة نجد المسام ايضا قابلة لدخول الموائع فيها فانا اذا عرضنا كرة من الذهب أو من الفضة

ممتلئة من الماء لضغط شديد شاهدنا رشح المائع على سطحها

وبمقتضى ما تقدم يجب أن نميز الحيز الحقيقي للجسم من حيزه الظاهري اما الحيز الظاهري فهو جزء الفراغ الذي يشغله وأما الحيز الحقيقي فهو الجزء الذي تشغله العناصر مجردة عن المسام والحيز الحقيقي للجسم لا يتغير وأما حيزه الظاهري فيمكن أن يزيد أو ينقص بواسطة تأثير القوى التي تقع عليه

في قابلية الانقسام

٩ كل جسم قابل للتجزئة الى أجزاء وجزؤه الى أجزاء وهكذا الى أن تخفى اجزاءه عنا بسبب دقتها خفاء كليا بحيث لا يمكن ادراكها لا بواسطة الحواس ولا بواسطة الآلات

ولإثبات هذه الخاصية امثلة كثيرة نقتصر على بعضها فنقول

اذا فتح اناء مربع محتويا على مسك او عطر ورد في محل انتشرت رائحته في المحل كأنما كان اتساعه وما ذاك الا انه خرج من المربع المذكور مادة انفصلت مما فيه مع أن مقدار المادة الخارجة لا يكاد يدرك ومن هذا القبيل الملونات فانك لو وضعت حبة من اللعل في اناء ممتلئ من الماء وحركت الماء لتلونت جميع اجزائه ولو أردنا تقسيم معدن من المعادن كالذهب لوجدنا أنه لا مانع من أن يستحيل الى صفائح رقيقة جدا حتى ان ١٠٠٠٠ صفيحة اذا انطبقت على بعضها لا يبلغ سمكها سمك سنتيمتر واحد ويمكن أن يعمل من الغرام الواحد من هذا المعدن سلك طوله عدة فراسخ

وقد نشأ من هذا الانقسام الدقيق للجسم سؤال حاصله هل لهذا الانقسام نهاية ام لا فالجواب مع الضبط والدقة أن الانقسام عقلا لا ينتهي لان الكمية كائنا ما كان صغرها يتعقل لها دائما نصف وثلث وربع وهكذا وأما الانقسام فعلا أي بواسطة المؤثرات أو بطريقة اخرى فالمشاهد أن له حدا معلوما لا يتجاوزه كما يظهر ذلك من ادنى الحوادث الطبيعية والحوادث الكيماوية ويمكن أن يقال انه يتجاوز هذا الحد بسبب تأثير مؤثر يكون اقوى من المؤثرات التي نعرفها فحينئذ يعود السؤال بعينه هل الانقسام محدود أو غير محدود لان تأثير قوى المؤثرات غير محدود أي أنه لا يمكن تحقيقه مع الضبط وقد كان قدماء الطبيعيين لا يقولون بالانقسام الى غير النهاية وكان آخر جزء تنتهي القسمة اليه فعلا عندهم هو الجوهر الفرد فالجوهر الفرد هو الجزء الذي لا يتجزأ بحال من الأحوال

في الحركة

بند الحركة هي الإنتقال من محل الى أخر ثم الجسم اما ساكن ان شغلت عناصره محلاً واحداً واما متحرك ان شغلت عناصره عدة محال بانتقاله على التوالى

والسكون اما مطلق أو نسبي والحركة اما مطلقة واما نسبية ولنميز كلاً من هذه الأقسام

أما السكون المطلق فهو ان يبقى الجسم مع كل من اجزائه في المحل الشاغل له من الفراغ والنسبي إن لا يتغير عن محاذاته لغيره من الأجسام المفروضة ثابتة وان كانت في الواقع متحركة ولا وجود للسكون المطلق فان البيوت والاشجار وغيرهما من الاشيا التى تظهر لنا ثابتة على سطح الأرض ليس سكونها الا سكونا نسبيًا لان محلها في الفراغ يتغير في كل لحظة حيث انها تنتقل بدوران الأرض حول الشمس وبدوران الأرض على محورها

وأما الحركة المطلقة فهي حالة الجسم الذى يتغير محله في الفراغ بقطع النظر عن غيره والحركة النسبية هي حالة الجسم الذى ينتقل بالنظر الى غيره من الاجسام المفروضة ثابتة ولا يمكن قياس الحركة المطلقة لانه لا يوجد نقطة ما ثابتة نستعملها للمقارنة

في القصور الذاتي

بند القصور الذاتي هو ان لا يتحرك الجسم بذاته ان كان ساكنًا وأن لا يسكن بذاته ان كان متحركًا وقد اثبتت التجاريب ان الجسم الساكن لا يتحرك ابدًا بذاته لكن الجسم اذا كان متحركًا يستمر على هذه الحركة بدون تغيرها أو انعدامها بل لابد من احد هذين الأمرين فان الحوادث المتجددة في كل لحظة على سطح الأرض يظهر منها عكس استمراره على الحركة بدون تغير او انعدام وبامعان النظر في احوال التغيرات الجسم نحكم بانه لا بد لهذا التغير من سبب اجنبي يقل التغير بقدر قلة تأثيره فمن جملة الأسباب الأجنبية الثقل والاحتكاك ومقاومة المتوسط

فأما احتكاك السطوح فيكفي لتحقيق تأثيره قذف كرة من عاج على سطح بلباط ثم عد مرات الذهاب والإياب فكلما كان الجوخ الذى على سطحه ناعمًا كلما ازداد عدد المرات ولو ابدلنا الجوخ بمستو من المرمر مصقول صقلا جيدًا لازداد عدد المرات واما مقاومة

الموسيط فتأثيره ظاهر ويكفى لتحقيقها ربط جسم ودفعه مرة فى الهوآء ومرة فى المآء لير تتيح رجات متوالية فيشاهد أن عدد الرجات الواقعة فى المآء قبل أن يرجع الجسم الى محل سكونه اقل من عدد الرجات الواقعة فى الوسط الأول أى الهوآء ولنبين وجه الفرق بين عددى الرجات فى كل من الموسوطين فنقول أن الجسم لا يتحرك فى سائل الا بطرده العناصر المادية الموجودة فى ممره وبطردها تكتسب منه حركة يفقدها هو وهذا الفقد يختلف باختلاف السوائل فيزداد مقداره بازدياد الاجزآء المآدية وتراكمها فهذه الأمثلة تدل على وجود أسباب تؤثر فى الحركة ولو ازيلت تلك الاسباب لم يحصل فى الحركة تغير اذا عرفت ذلك فالواجب ان نشرع فى القوى أعنى أسباب الحركة فنقول

الدرس الثانى
فى القوى

بند ١٧ القوة كل سبب ينتقل به الجسم من حالة السكون الى حالة الحركة او هى السبب الذى يكيف الحركة الموجودة فى الجسم بوجه ما

ولنعتبر فى القوة نقطة وقوعها واتجاهها وقدرها اما نقطة وقوع النقطة فهى نقطة من الجسم تؤثر فيها القوة مباشرة واما اتجاه القوة فهو الخط المستقيم الذى يتحرك الجسم بحسبه واما القدر فهو مقدار القوة ضعفاً وشدة وقياس القوى كقياس جميع المقادير وذلك أن ننسبها الى كمية من نوعها تعتبر وحدة فتبين القوة المراد تقديرها بهذه الوحدة بأعداد ١ ٢ ٣ ٤ وهكذا اذا ساوت تلك القوة وحدة القوى او كانت ضعفها او ثلاثة امثالها او اربعة امثالها وهكذا وحيث أمكن تبيين القوى بالاعداد يمكن تبيينها ايضاً بالخطوط المتناسبة مع تلك الأعداد

فى تركيب القوى

بند ١٨ اذا كانت نقطة منقادة لتأثير قوتين او اكثر لا تتحرك الا حركة واحدة فقط ويمكن حينئذٍ ايجاد قوة واحدة معلومة الاتجاه والقدر تأثيرها عين التأثير المذكور فى هذه

النقطة

النقطة فحينئذ تكون قائمة مقام جميع القوى التي تؤثر في الجسم وهذه القوة الواحدة التي تقوم
مقام جميع القوى تسمى بالقوة المحصّلة أو ناتج القوى والقوى المكونة لهذه المحصّلة تسمى بالمركبة
ومن المهم في مسائل من الطبيعة معرفة ايجاد المحصّلة من عدة قوى أو تركيب جملة قوى
لاحداث قوة واحدة تسد مسدها فيجب علينا حينئذ ان نستعير من علم الميكانيكيات
القواعد الأصلية المسلوكة في هذا التركيب ولنذكر تلك القواعد فنقول

القاعدة الاولى اذا اثرت عدة قوى على اتجاه واحد في جهة واحدة فان القوة المحصّلة
تساوي بالضرورة مجموعها وأما اذا اثرت قوى على اتجاه واحد في جهتين متضادتين
جمعت القوى المؤثرة في جهة واحدة وطرح منها مجموع القوى المؤثرة في الجهة المضادة
للجهة الأولى فتكون القوة المحصّلة مساوية لفاضل هذين المجموعين وتأثيرها يكون في جهة
اكبر المجموعين

الثانية اذا اثرت عدة قوى في جسم واحد وكان اتجاه كل منها موازيا لاتجاه الآخر وفي جهة
واحدة فان القوة المحصّلة تكون موازية لها ومساوية لمجموعها فالقوتان اق و ب ع
من (الشكل ٦) اذا كانتا واقعتين في النقطتين ا ، ب فان النقطة حـ التي هي نقطة
وقوع القوة المحصلة تقسم المستقيم ا ب الى جزئين حـ ا ، حـ ب متناسبين عكسا
للقوتين اق و ب ع وحينئذ تتعين
تلك النقطة بواسطة هذه التناسب

ا ق : ب ع :: حـ ب : حـ ا

شكل ٦

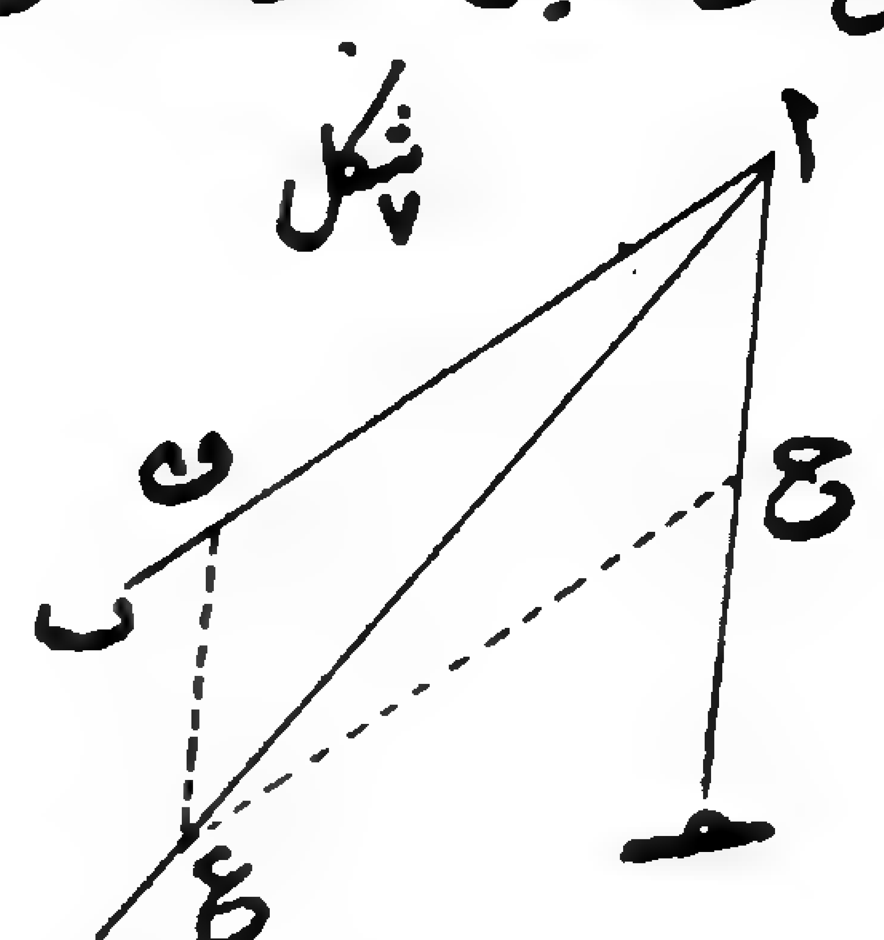
واذا كان هناك عدة قوى متوازية حصّلت
الاولى والثانية ثم حصّلت محصّلتهما مع القوة الثالثة وهكذا

وينبغي أن يعلم أن النقطة حـ التي تمر منها القوة المحصّلة من القوتين اق ، ب ع
المتوازيتين لا تتعلق باتجاه تلك القوى فاننا اذا املنا القوى المذكورة الى اتجاه آخر
مرت القوة المحصّلة الجديدة ايضا بالنقطة المذكورة بشرط أن لا تتغير نسب اقدار القوى
ولا أن تتغير موازاتها لبعضها وهذا ممّا يتأتى وإن كثر عدد القوى وهذه النقطة التي تتقاطع
فيها القوى المحصّلة الناتجة من امالة القوى في أوضاع مختلفة تسمى مركز القوى المتوازية

الثالثة اذا أثَّرت القوى على اتجاهات مختلفة وتلاقت فى نقطة واحدة امكن ايضا تحصيل قوتها المحصلة

فالقوتان ب ا و ، ا ج من (شكل ٧) تتعين محصلتهما بانشاء متوازى الاضلاع

ا و ج ع على الخطين ا و ، ا ج الدالين على القوتين قدرًا واتجاهًا فحينئذ تتعين



القوة المحصلة بالخط ا ع الذى هو قطر متوازى الاضلاع المذكور وبهذا يسهل الانتقال من هذه الحالة الى حالة تعدد القوى

وقاعدة متوازى الاضلاع للقوتين وسيلة ايضا لتحليل القوة الواحدة الى قوتين اتجاههما معلوم

فاذا اريد مثلا تحليل القوة ا ع الى قوتين متجهتين على الخطين ا ب ، ا هـ يمد من النقطة ع خطان موازيان للخطين ا ب ، ا هـ فيدل الطولان ا و ، ا ج اللذان صار تعيينهما بهذه المثابة على مقدارى المركبتين للقوة ا ع

واذا كان الجسم منقادا لتأثير قوتين او عدة قوى وكانت محصلة تلك القوى معدومة بقى هذا الجسم ساكنا ويقال حينئذ ان القوى متوازنة او ان الجسم متوازن والفرق بين المتوازن والساكن ان الساكن هو الذى لا يقع عليه قوة ما وان المتوازن هو الذى وقعت عليه قوتان متماحيتان او اكثر كذلك

فى تقسيم القوة

بند ١٤ القوة اما ان تؤثر فى الجسم دفعة وتفارقه وتسمى بالمفارقة واما ان تؤثر فيه مادام متحركا وتسمى بالملازمة ولا نعتبر من اقسام القوة الملازمة الا القوة الثابتة القدر والاتجاه فى كل لحظة من الحركة وهى اما متزايدة او متناقصة وذلك على حسب ازدياد الحركة او تناقصها ويتولد من القوة المفارقة والقوة الملازمة نوعان من الحركة وهما الحركة المنتظمة والحركة المتغيرة

فى الحركة المنتظمة

بند ١٥ تطلق الحركة المنتظمة على كل حركة تساوت فيها المسافات المقطوعة فى اوقات متساوية او تناسبت فيها المسافات المقطوعة مع الاوقات اللازمة لقطعها

فالقوة

فالقوة المفارقة تحدث بتأثيرها في الجسم حركة منتظمة مستقيمة لان الجسم لما كان لا يمكنه بالنظر لقصوره الذاتي ان يسرع حركته ولا أن يبطئها ولا أن يغير اتجاهها وجب أن يقطع مسافات متساوية في اوقات كذلك وأن يتبع دائماً الخط المستقيم الذي بدأ برسمه ومثال الحركة المنتظمة المنحنية الخط حركة دوران الأرض على محورها فجميع نقطها تدور مع الانتظام حول خط القطبين وتقطع في ٢٤ ساعة دوائر عمودية على هذا الخط

والسرعة في الحركة المنتظمة هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن فاذا قطع الجسم فراسخ أو ٦ أو ٧ في الساعة الواحدة كانت سرعته ٥ أو ٦ أو ٧ فراسخ في تلك الساعة وتكون سرعته ٥ أو ٦ أو ٧ امتار في الثانية الواحدة اذا قطع ٥ أو ٦ أو ٧ امتار في تلك الثانية وهناك ارتباط بسيط بين سرعة الجسم والمسافة التي يقطعها في وقت معلوم وتحصل هذه المسافة الكلية بتكرار السرعة عدة مرات بقدر وحدات الزمن اعني بضرب السرعة في الزمن فنجد حينئذ $م = س ز$ بجعل س رمزاً للسرعة و م للمسافة المقطوعة مدة الزمن ز وينتج من هذا القانون ان السرعة تساوي المسافة المقطوعة في زمن ما مقسومة على الزمن

في قياس القوى

١٦ حيث تقرر ما تعلق بالحركة المنتظمة فلا مانع من ان نبين قواعد قياس القوى المفارقة بواسطة تحريكها للأجسام فنقول

القاعدة الأولى القوى المفارقة تكون متناسبة للسرع التي تحدثها تلك القوى في جسم واحد وهذه القاعدة تكاد أن تكون

الثانية القوى المفارقة تكون متناسبة لجسمية الاجسام التي تحركها بسرع متساوية وجسمية الجسم هو مجموع اجزائه المادية لكن طريقة الوقوف على كمية اجزاء الجسم المادية لا بمقارنته بغيره غير ممكنة لانه لا يمكن حصر اجزائه المادية فيقال حينئذ ان الجسمين يكونان متساويين في الجسم اذا اخذا سرعة واحدة من تأثير قوتين متساويتين وان الجسم يكون مجسماً ضعف جسم جسم آخر او ثلاثة امثاله وهكذا اذا احتاج لقوة ضعف القوة الأولى او ثلاثة امثالها وهكذا لأجل أن تحدث فيه السرعة بعينها وحينئذ فالقاعدة المذكورة نتيجة تعريف الجسمات المتساوية

القاعدة الثالثة القوى المفارقة التي تؤثر في الجسمات المختلفة وتحدث سرعاً مختلفة تكون

متناسبة مع حاصل ضرب الجسمين في السرع وهذه القاعدة نتيجة القاعدتين المتقدمتين فاذا اعتبرنا قوتين ق ق َ محدثتين سرعتين س س َ لجسمين م م َ وفرضنا قوة مساعدة ق ١ محدثة سرعة لجسم م كان

ق : ق ١ :: س : س َ , ق ١ : ق َ :: م : م َ

وينتج من ذلك أن ق : ق َ :: م س : م َ س َ

وهذه المتناسبة عبارة عن القاعدة الثالثة وتفيد أن القوة تقاس بحاصل ضرب مجسم الجسم المؤثرة فيه في سرعته التي احدثتها تلك القوة وهذا الحاصل هو المسمى بكمية الحركة

فاذا فرضنا في المتناسبة المتقدمة ق َ = ق صار م س = م َ س َ أو س : س َ :: م َ : م

ومنه تنتج قاعدة جديدة هي أن السرع التي تحدث من قوة واحدة في مجسمات مختلفة تكون متناسبة العكس مع تلك المجسمات

في الحركة المتغيرة

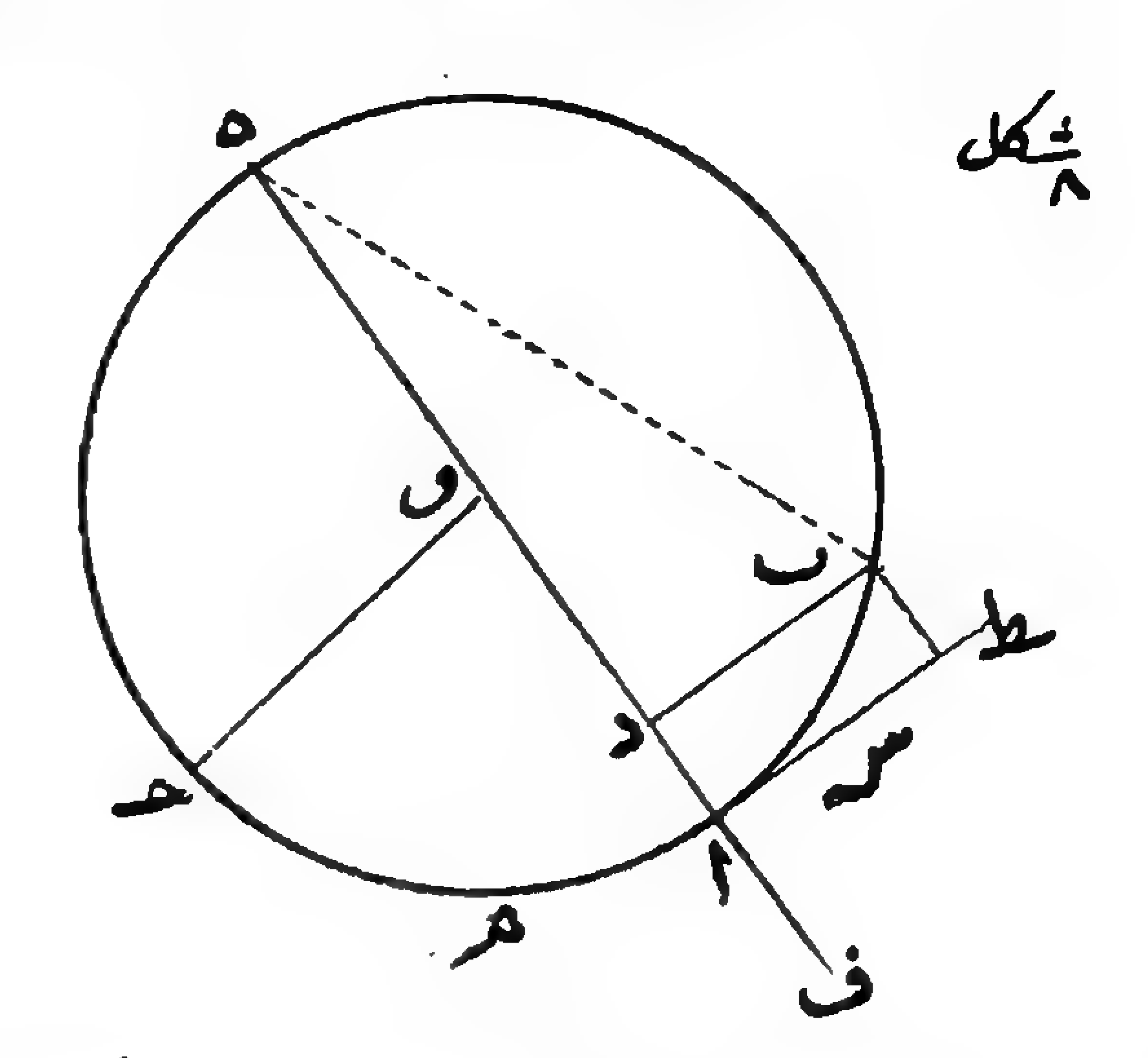
بند ١٧ الحركة المتغيرة حركة بها يقطع الجسم مسافات غير متساوية في اوقات متساوية وهذه الحركة تنشأ عن القوة الملازمة لان كلا من دفعاتها لا بد أن يغير حركة المتحرك فيتقدم تارة ويتأخر أخرى وربما تغير اتجاهه فتتغير سرعة الحركة المتغيرة في كل لحظة فلاجل تحصيل السرعة المطلوبة بعد زمن معلوم تزال القوة بمجرد أن تؤثر في المتحرك مدة الزمن المذكور ثم تقاس المسافة المقطوعة مدة وحدة الزمن التالي لذلك الزمن فتدل هذه المسافة على السرعة التي بها يتحرك المتحرك تحركا منتظما اذا لم تتكرر دفعات القوى او على السرعة التي يكتسبها في حركته المتغيرة فتتغير السرع بتغير الزمن تغيرا لا حصر لقوانينه فينشأ عن ذلك تحركات متغيرة لا حصر لها تابعة لطبيعة القوة ولا يبحث في علم الطبيعة الا عن الحركة المنتظمة التغير وهي الناتجة عن قوة ثابتة وقد تكفل بتوضيح قوانينها علم الميكانيكا

في القوة المبعدة

بند ١٨ القوة المبعدة قوة بها يميل الجسم دائما في حركته الى التباعد عن مركز المحيط أي انه اذا تحرك الجسم على الانحناء حدث من حركته في كل لحظة قوة تنشأ عن ميله الى التحرك على الاستقامة

فاذا

فاذا علقنا جسمًا فى نهاية خيط غير قابل للتمدد كائنة نهايته حـ من (الشكل ٨) وحركناه حول نقطة ثابتة بدفعة واحدة او دفعات متوالية رسم محيط دائرة ا ب حـ وبقي الخيط مشدودًا دائمًا على شكل خط مستقيم وما ذلك الشد الا لوجود قوة تُبعد الجسم عن مركز الدائرة ولنبين كيفية حدوث هذا الشد ملاحظين القصور الذاتى للمادة فنقول



باعتبار أن محيط الدائرة ا ب حـ شكل كثير الأضلاع منتظم لا يمكن حصر عدد اضلاعه الصغيرة جدًا يقال اذا وصل الجسم الى النقطة ا من المنحنى مال الى التحرك على امتداد الجزء م ا الصغير الذى يرسمه اعنى على اتجاه المماس س ط فى النقطة ا من المحيط غير أنه لا يتأتى أن يسلك هذا الاتجاه لانه ممسوك بالخيط على بعد ثابت من المركز فيلزم حينئذٍ أن تنحل القوة التى كانت تجذبه نحو ا ط الى قوتين تتجه احداهما نحو الجزء الصغير ا ب من المحيط الذى يلزم أن يتبعه والثانية نحو الخط ا و ف العمودى على هذا الجزء الصغير اعنى على امتداد نصف القطر فهذه القوة الاخيرة هى القوة المبعدة وتسمى أيضًا بالقوة الطاردة عن المركز وهى تميل دائمًا الى تبعيد الجسم عن مركز المحيط ومحل تطبيقاتها والحسابات المتعلقة بها علم الميكانيكا

فى التثاقل أو جذب الارض

بند ١٩ التثاقل سبب مجهول الحقيقة به تسقط الأجسام على سطح الارض وكلها منقادة الى تأثيره واما سبب ان بعضها كالدخان والسحاب والعقاب الطيارة يصعد عوضًا عن ان يسقط بكيفية الأجسام فسيتضح فيما سيأتى ولا بد من تجذب الجسم نحو الكرة الارضية وان كبر بعده عنها بشرط أن لا يتجاوز حد جذبها وهذا هو سبب سقوط المطر والبرد والثلج وسبب ثبوت القمر أيضًا فى مداره مع تأثير القوة المبعدة التى تقتضى دائمًا تبعيده عنها وكذا لا بد من الانجذاب أيضًا وان كبرت الاعماق كما هو مشاهد فى الآبار والكهوف والمغارات

الباب الثاني

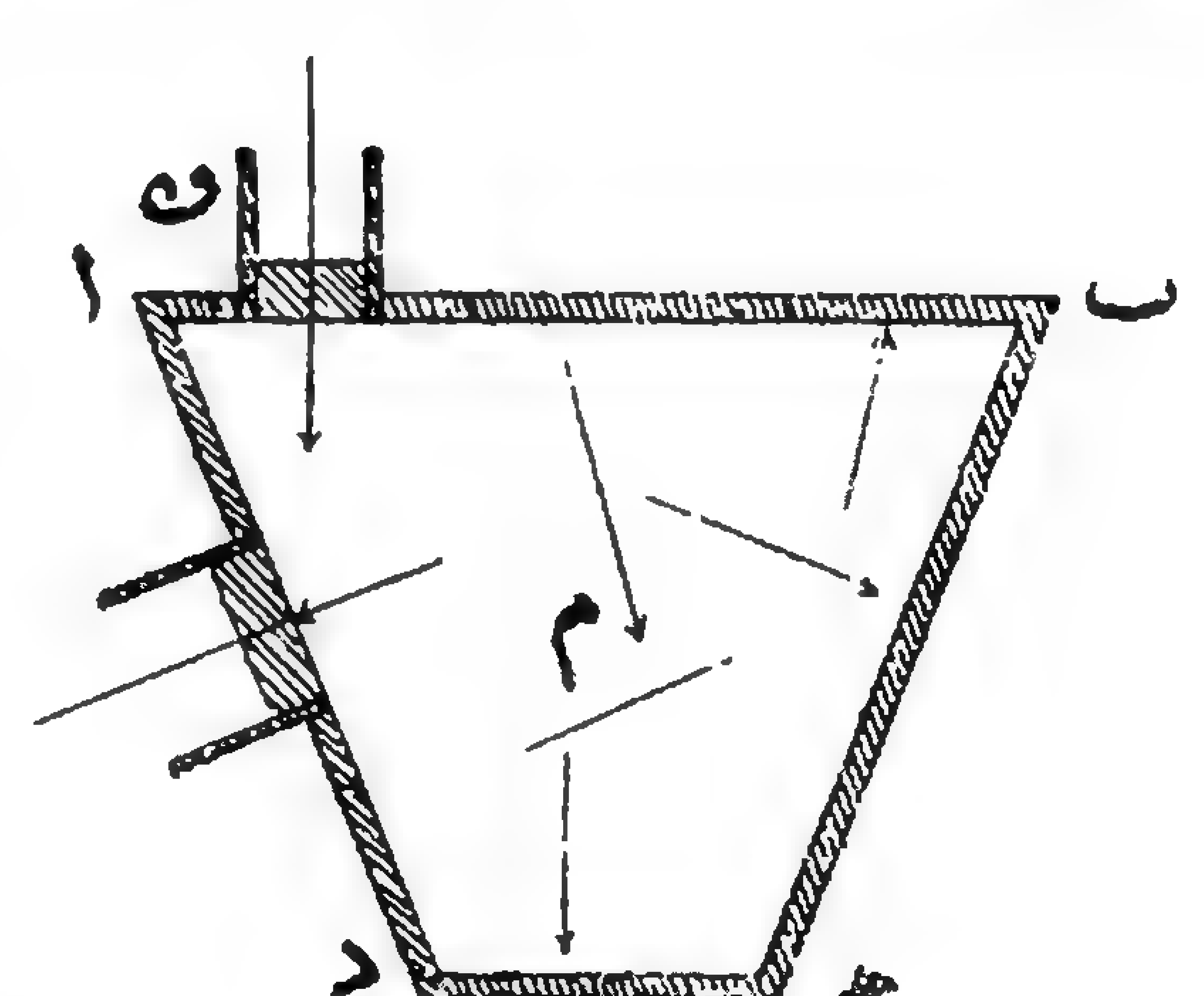
في الادروستاتيك اى علم موازنة الموائع

الادروستاتيك علم به تعرف قوانين توازن الموائع وقوانين الضغط الناشئ عن الموائع المذكورة والمائع مركب من عناصر تنفصل عن بعضها بادنى قوة والموائع في الادروستاتيك تعتبر غير قابلة للضغط وعليه فيمكن تغيير شكلها بدون أن يتغير حجمها

والموائع الموجودة في الطبيعة وان لم تكن تامة الميوعة لا تخرج عن هذا التعريف لان القوانين المقررة في هذا المبحث مطبقة على الموائع الطبيعية بدون خطا ظاهر

وجميع قوانين الادروستاتيك مبنية على قاعدة ناتجة من تعريف الموائع أو من الحركة التامة للعناصر التي تتركب منها تلك الموائع هي ان الموائع توصل الضغط الذي تتحمله الى جميع الجهات بالسوية

ولاجل معرفة هذه القاعدة يفرض أن آنا أياما كان شكله كالاناء ا ب حـ د من (الشكل ٩) ممتلئ بمائع يفرض في الوقت مجردا عن الثقل وغير قابل للضغط تفتح في سطحه الأعلى ا ب فتحة صغيرة يرمز الى امتدادها بالعدد ١ ثم تسد هذه الفتحة بواسطة مكبس اذا تقرر ذلك وضغطنا على المكبس ضغطا ما كالضغط ض وصل هذا الضغط وصولا وقتيا الى جميع الجدران



الداخلية للاناء والى جميع اجزاء المائع أيضا وهذا الضغط زيادة على ذلك ينتقل بالسوية أعني أن كل جزء مستو من الجدار مساحته ١ يحدث فيه ضغط يساوي ض وأن كل جزء من الجدار مساحته ٢ ، ٣ وهكذا يحدث فيه ضغط يساوي ٢ض ، ٣ض وهكذا ومثل ذلك يجري في طبقة صغيرة م من جرم من المائع فان الضغط الواصل الى جميع الجهات يكون خطوطا عمودية على الأجزاء المضغوطة وذلك لان السطح المقاوم لا يمكنه أن يمحي الا الضغط العمودي فقط

نظارة المعارف

فاذا اعتبرنا المائع ثقيلاً وصل الضغط أيضاً كما كان ذلك في فرضه مجرداً عن الثقل غير انه يحصل زيادة على هذا الضغط الاجنبي في جدران الماعون الجانبية وفي عناصر المائع الداخلية ضغط يليق بثقله يتغير من نقطة الى اخرى وهذان الضغطان اللذان احدهما واحد في جميع النقط وفي جميع الجهات والثاني متغير بتغير عمق المائع يقعان على كل نقطة فيتكون عنهما الضغط الكلي

بند ولتوازن المائع معتبراً ثقيلاً شرطان احدهما يتعلق بعناصر سطح المائع والثاني بالعناصر الداخلية

فالشرط الاول أن يكون سطح الطبقة العليا من مائع ثقلي متوازن عمودياً في كل نقطة على اتجاه الثقل الذي يأخذه م (هذا اذا كان المؤثر الثقل فقط فلو كان معه غيره قيل لاجل ان يكون هذا الشرط عاماً ان كل جزء من سطح الطبقة العليا من مائع ثقلي يجب أن يكون عمودياً على القوة المحصلة للقوى المؤثرة في هذا الجزء) لانه ان لم يكن هذا السطح عمودياً عليه فثقل الجزء الصغير م يمكن ان يتحلل الى قوتين احداهما وهي العمودية على سطح المائع تنمحي بمقاومة هذا السطح والثانية وهي المماسة للسطح المذكور التي لم تحذف بسبب عدم المقاومة تزلق الجزء الصغير الذي هي منطبقة عليه فلا يكون في هذا المائع توازن

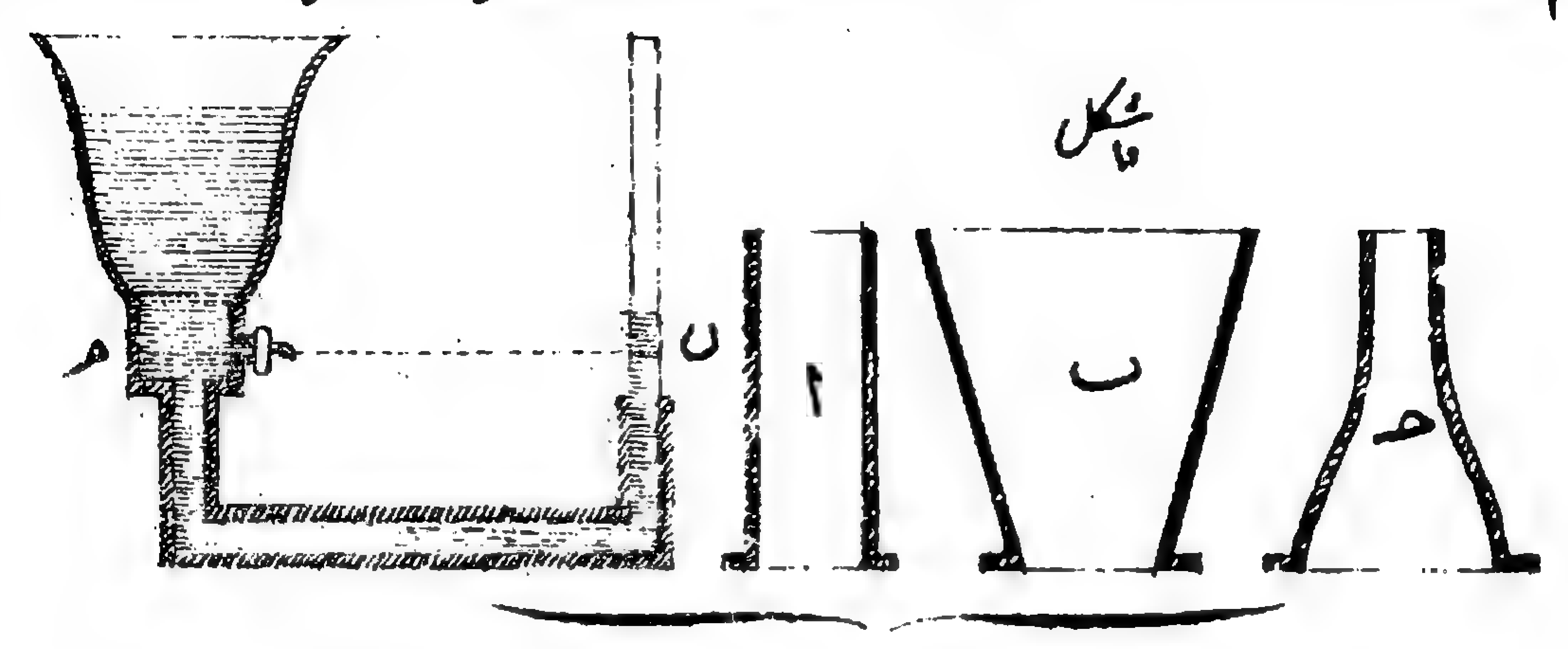
وينتج مما ذكر أن المائع الثقلي المظروف في آناء ينتهي دائماً بسطح مستوٍ افقي لان الجذب يؤثر في عناصره على اتجاهات رأسية متوازية وأما جسم المياه التي تغمر الجزء الاعظم من الكرة الأرضية فانه منته بسطح منحنٍ يكون الراسي أعني اتجاه الثقل الحقيقي عمودياً عليه في جميع جهاته

الشرط الثاني أن يحصل في جميع جهات الجزء الصغير المأخوذ بالاختيار داخل جسم مائع متوازن ضغوط متساوية ومتضادة تتماحى فاذا لم نعتبر الا الضغط على هذا الجزء الصغير من اعلى الى اسفل في اتجاه رأسي يكون مقدار الضغط هو ثقل المائع الراسي الذي قاعدته هذا العنصر ويكون الامر كذلك ايضاً في جميع العناصر الكائنة في سطح موازٍ لسطح المائع وهذا السطح يسمى بسطح التسوية أو بالتسوية فحينئذ يلزم لاجل الموازنة كما هو مشاهد ان تكون عناصر التسوية مضغوطة بضغط واحد

في ضغط المائع منظوراً فيه للثقل

في الضغط الراسي من أعلى الى أسفل

ثم صغط المائع المذكور المتوازن على قاع آناء لا يتعلق بشكل هذا الاناء وانما يتعلق بامتداد الجدار المضغوط وبارتفاع المائع فوق هذا الجدار وهو عبارة عن ثقل عمود رأسى من المائع قاعدته قاع الآنة وارتفاعه بعد هذا القاع عن سطح التسوية الأعلى ومقداره ض = ق ر ث ح واثبات هذه القاعدة الشهيرة اما بالبرهان واما بالتجربة بواسطة الآلة التى اخترعها المعلم هلدات وهى كما فى (الشكل ١٠) آلة من الحديد الزهر منحنية الطرفين ومنتهية من احدهما

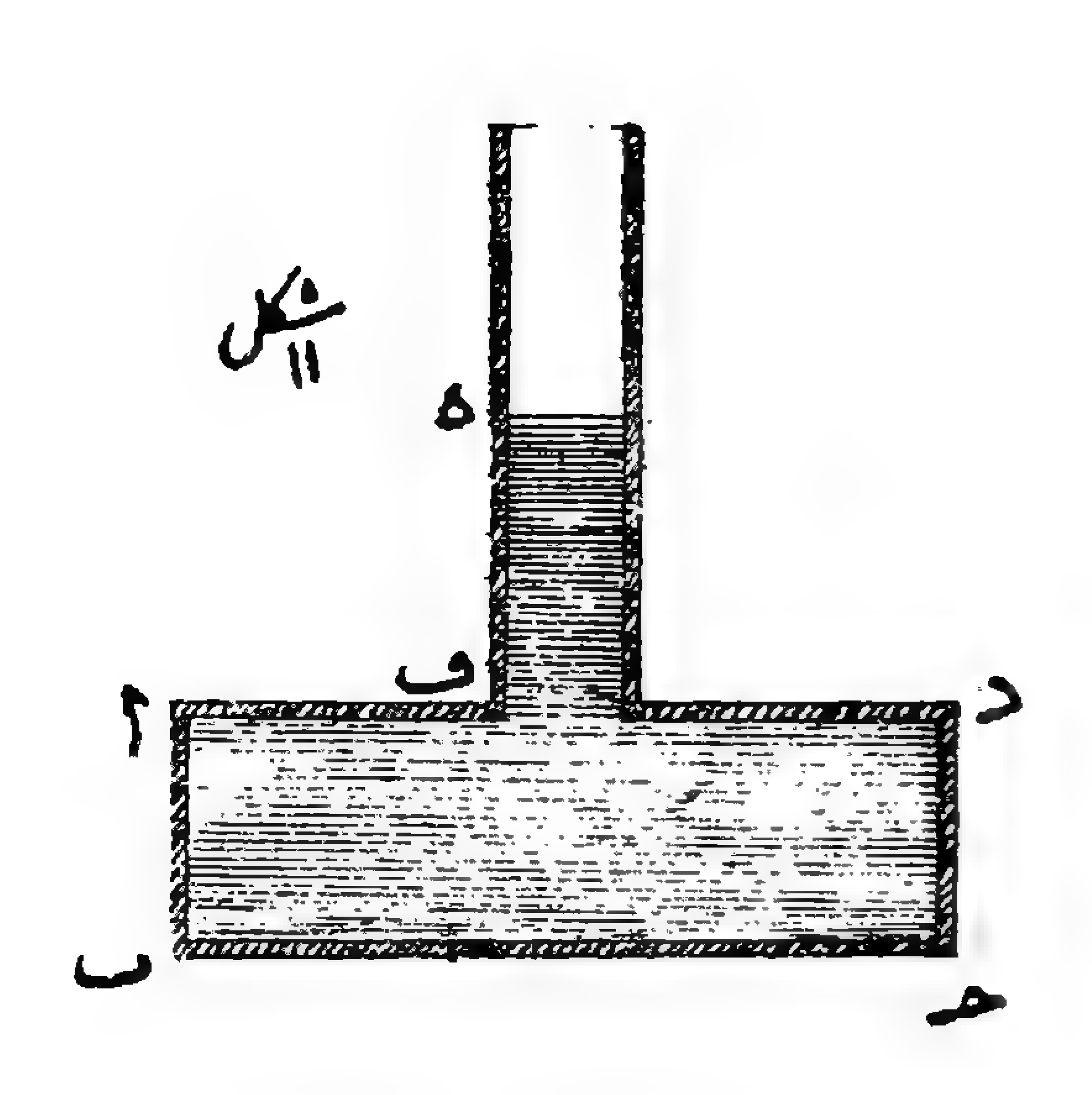


بانبوبة من زجاج مثبتة به تثبيتاً محكماً ومن الطرف الثانى باسطوانة قطرها اكبر من قطر الانبوبة وعلى هذه الاسطوانة يمكن أن يوضع بواسطة برمة ثلاث أوانى من الزجاج مختلفة الشكل احدها اسطوانية ا والثانية متسعة من الأعلى ب والثالثة عكس الثانية ورمزها حـ ثم نضع أولاً زيبقاً فى انبوبة الحديد فيشاهد أن تسويتى المائع م ، ن فى الفرعين يصيران فى مستو افقى ثم نضع على الاسطوانة م بالتوالى بواسطة البرمة الآنية ا ثم ب ثم حـ ونملأ كل واحدة بالماء الى ارتفاع واحد فحينئذ ضغط الماء على السطح الأفقى م من الزيبق الذى هو عبارة عن قاع الاناء يرفع الزيبق فى الانبوبة الجانبية بكمية هى فى الحقيقة واحدة فى الأحوال الثلاثة وعليه فيكون الضغط الواقع على السطح م ثابتاً

ومتى كان الاناء اسطوانياً فالضغط الواقع من المائع على القاع الافقى لاناء يساوى الثقل الكلى لهذا المائع وحينئذ فمقدار الضغط يكون واحداً أيضاً مهما كان شكل الاناء بشرط أن لا يتغير كل من القاع وارتفاع الماء

فى الضغط الرأسى من اسفل الى اعلى

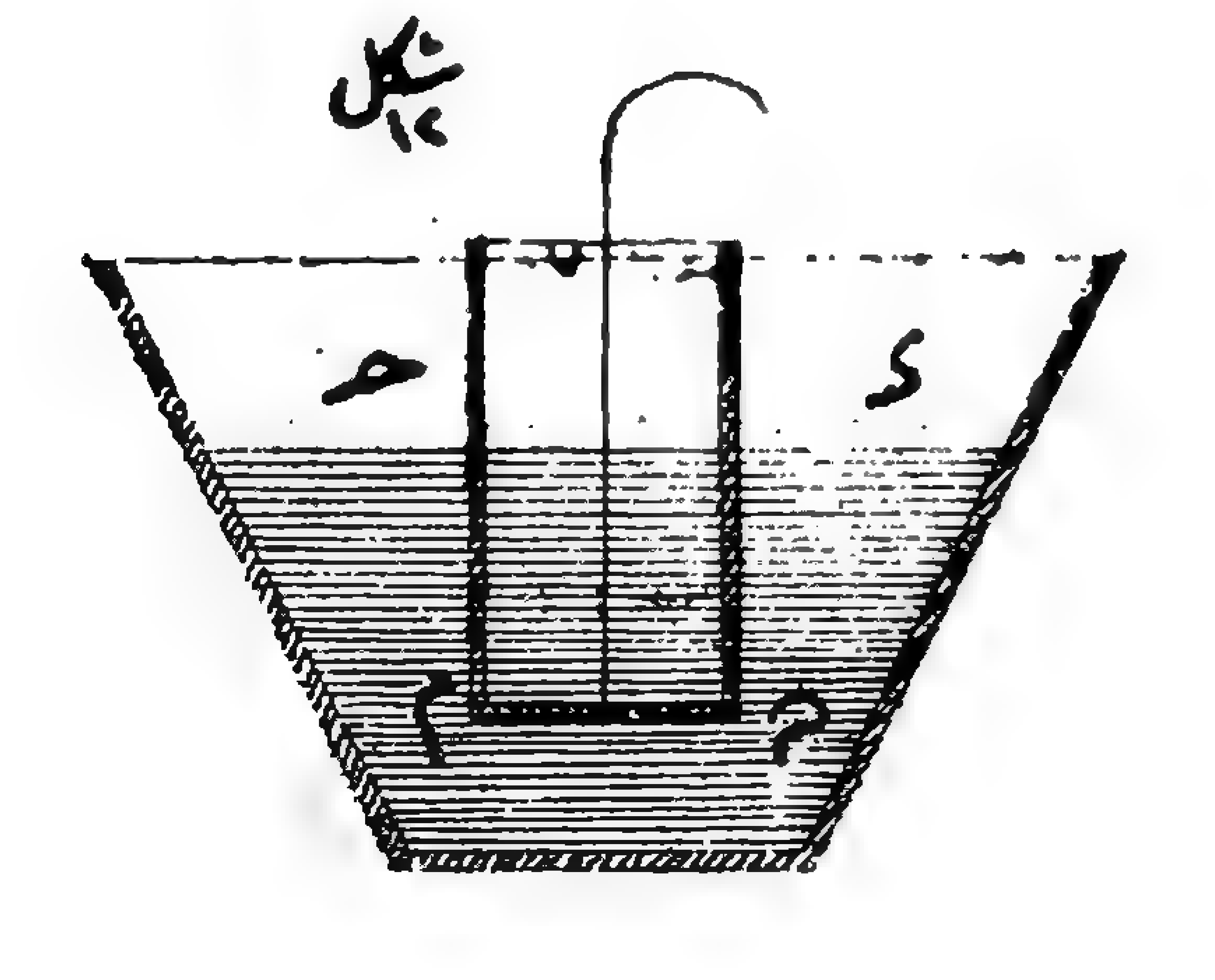
ثم



٢١ واذا فرضنا اناءً ذا قاعين ﻫ ا ب حـ د (كما فى الشكل ١١) نتج من قاعدة تساوى الضغط أن القاع الأعلى ا د يقع عليه ضغط من أسفل يساوى ثقل عمود من مائع قاعدته سطح الجدار وارتفاعه ﻫ ف وهو ارتفاع التسوية الكائنة فوق الجدار المذكور وهذه القاعدة لا تتعلق بقطر الأنبوبة ﻫ ف فعلى هذا يمكن وقوع ضغط عظيم جدا على جدران الصندوق ا ب حـ د بمقدار قليل من الماء يكون ارتفاعه كافيا وعلى هذه القاعدة أسس فشخ البراميل

فى الضغط الداخلى

٢٢ واذا تصورنا داخل مائع طبقة ما أفقية م د (كما فى الشكل ١٢) وقع على هذه الطبقة كغيرها من الجدران الافقية ضغط من اعلى الى اسفل يساوى ثقل اسطوانة المائع حـ م د ى لكن من حيث أن هذه الطبقة متوازنة لابد وان يقع عليها ضغط من اسفل الى اعلى مساوٍ للضغط المذكور ومضاد له واثبات ذلك التجربة أن تؤخذ اسطوانة من زجاج تسد من الجهة السفلى بسنو من زجاج يسمى



طابقا فاذا غمسنا الاسطوانة فى المائع فضغط المائع من اسفل الى اعلى يضبط الطابق على الاسطوانة وبهذا يمنع الماء عن الدخول فاذا صببنا حينئذ مائعا فى الاسطوانة نشاهد أن الطابق لا ينفصل ولا يقع الا وقت ان تصل تسوية الماء الداخلية الى التسوية الخارجية فان انفصل قبل ذلك برهة فلا يكون ذلك الا من

زيادة ثقله عن ثقل المائع الذى يشغل الطابق محله

فى الضغط الجانبى

بند ٤٩ ضغط الموائع الثقلية ليس على الجدران الافقية فقط من الاوانى الحاوية لها بل عليها وعلى الجدران الجانبية لانا اذا فتحنا فتحة فى نقطة ما من جدار جانبى سال المائع فى الحال وكل ضغط ناشئ من مائع ثقلى على جدار مقاوم له يؤثر فى هذا الجدار

شكل ١٣

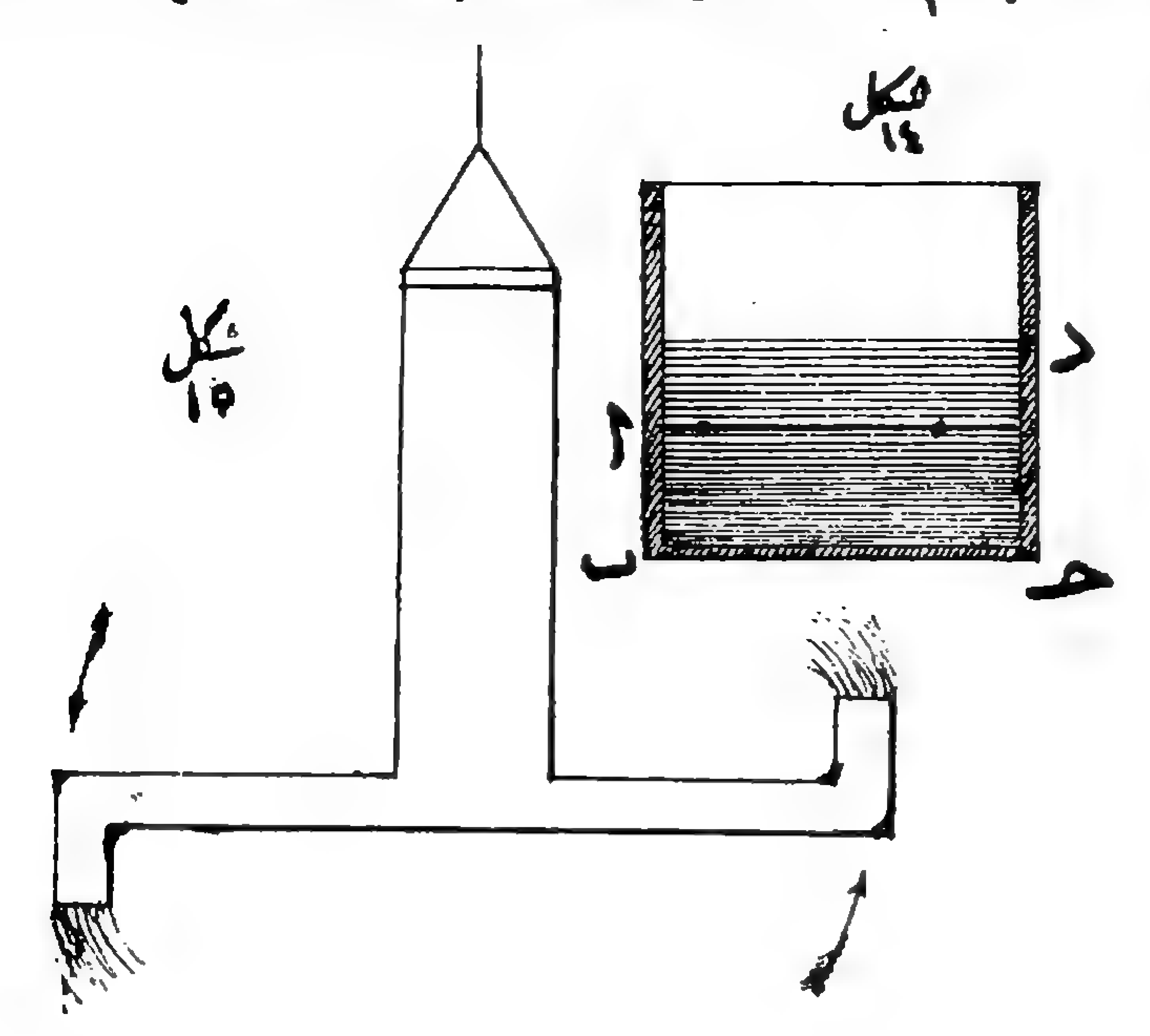
على اتجاه عمودى اذا علمت هذا علمت أن الضغط الواقع على الجزء م من الجدار م (كما فى الشكل ١٣) لابد وان يكون عين الضغط الذى يقع على جزء ما من الطبقة الافقية م د ومقدار الضغط المذكور يساوى ثقل عمود رأسى من المائع قاعدته الجزء المضغوط وارتفاعه بعده عن استواء المائع فحينئذ يشاهد أن الضغط الواقع على اجزاء الجدار الجانبى ا ب يزداد كلما ازداد عمق هذه الاجزاء تحت استواء المائع فاذا جمعنا الان هذه الضغوط الصغيرة الجزئية شاهدنا أن مقدار الضغط الكلى الواقع على الجدار المائل ا ب يساوى ثقل عمود من المائع قاعدته الجدار المضغوط وارتفاعه البعد المتوسط بين ارتفاعات اجزاء الجدار عن سطح التسوية اعنى بعد مركز ثقله عن السطح الانتهائى للمائع

فى الحركة القهقرية الحادثة من سيلان المائع

بند ٥٠ اذا توهمنا اناء اسطوانيا ا ب حـ د ممتلئا من مائع وتوهمنا ايضا جزءين متقابلين م ر د موضوعين بالاختيار على الجدارين الجانبيين يقع على هذين الجزءين فى جهتين متضادتين ضغطان متساويان ومتضادان ينعدمان بسبب مقاومة الجدارين لكن اذا توهمنا فتحة فى د سال المائع وانعدم الضغط الذى كان يقع على الجزء د واما الضغط المقابل له الواقع على الجزء م فحيث لم ينعدم بسبب ما فانه يؤثر بقوته وحينئذ اذا كان الاناء غير ممنوع عن الحركة فانه يأخذ بسبب هذا الضغط حركة قهقرية فى جهة مضادة لاتجاه السيلان

ويحقق

وتتحقق هذه القاعدة بواسطة البارم الايدروليكى وهو (كما فى الشكل ١٤) اسطوانة راسية منتهية من اسفلها بأنبوبتين افقيتين مفتوحتين من الطرفين ومنعطفتين فى جهتين متضادتين فاذا ملأ الجهاز من الماء وحرك حول محور رأسى شوهد أنه بمجرد سيلان الماء يدور بسرعة فى جهات متضادة



وبهذه القاعدة تتضح الحركة القهقرية التى تحدث فى الاسلحة النارية وفى صعود الصواريخ وفى دوران الشموس الصناعية وغير ذلك

فى مانعة الابهام الايدروستاتيكية

نبذه ٢٦ اذا فرضنا ثلاث أوانى متساوية القواعد ومختلفة الأشكال ممتلئة من مائع الى ارتفاع واحد فالضغوط الواقعة على قواعدها الافقية تكون متساوية لكن لا ينبغى أن يتوهم أنها اذا وضعت فى كفة ميزان تكون اثقالها متساوية لان الضغوط الجانبية الرأسية تضاف الى الضغوط الواقعة على القاع او تطرح منها بحسب جهة تأثيرها واما القوة الواقعة من الاناء على مانع أو على مستو أفقى حامل للاناء المذكور فانها تساوى دائماً الثقل الكلى للمائع والاناء معاً راجع شكل ١٠

فى الموائع المتراكمة

نبذه ٢٧ اذا وضعت جملة موائع مختلفة الطبيعة والكثافة فى ظرف واحد اصطفت هذه الموائع فوق بعضها بطبقات افقية وهذا الشرط ضرورى للموازنة اذ بدونه لا يكون الضغط واحداً فى جميع نقط طبقة واحدة من التسوية (انظر الشرط الثانى للموازنة)

بقى انه لا فرق فى موازنة مجسم جملة الموائع فى العقل بين ان يكون المائع الأثقل فى الطبقة العليا

او فى الطبقة السفلى غير أن الموازنة تكون غير دائمة ومستحيلة طبعاً اذا وضع المائع الاكثف فى الطبقة العليا لانه قد يمكن ثبت الموازنة ايما قد ومراد او صنعت الموائع فوق بعضها الاكثف فالاخف كثافة وهكذا وتجربة ذلك أن يوضع فى آناء واحد زيبقاً وماء وزيتاً

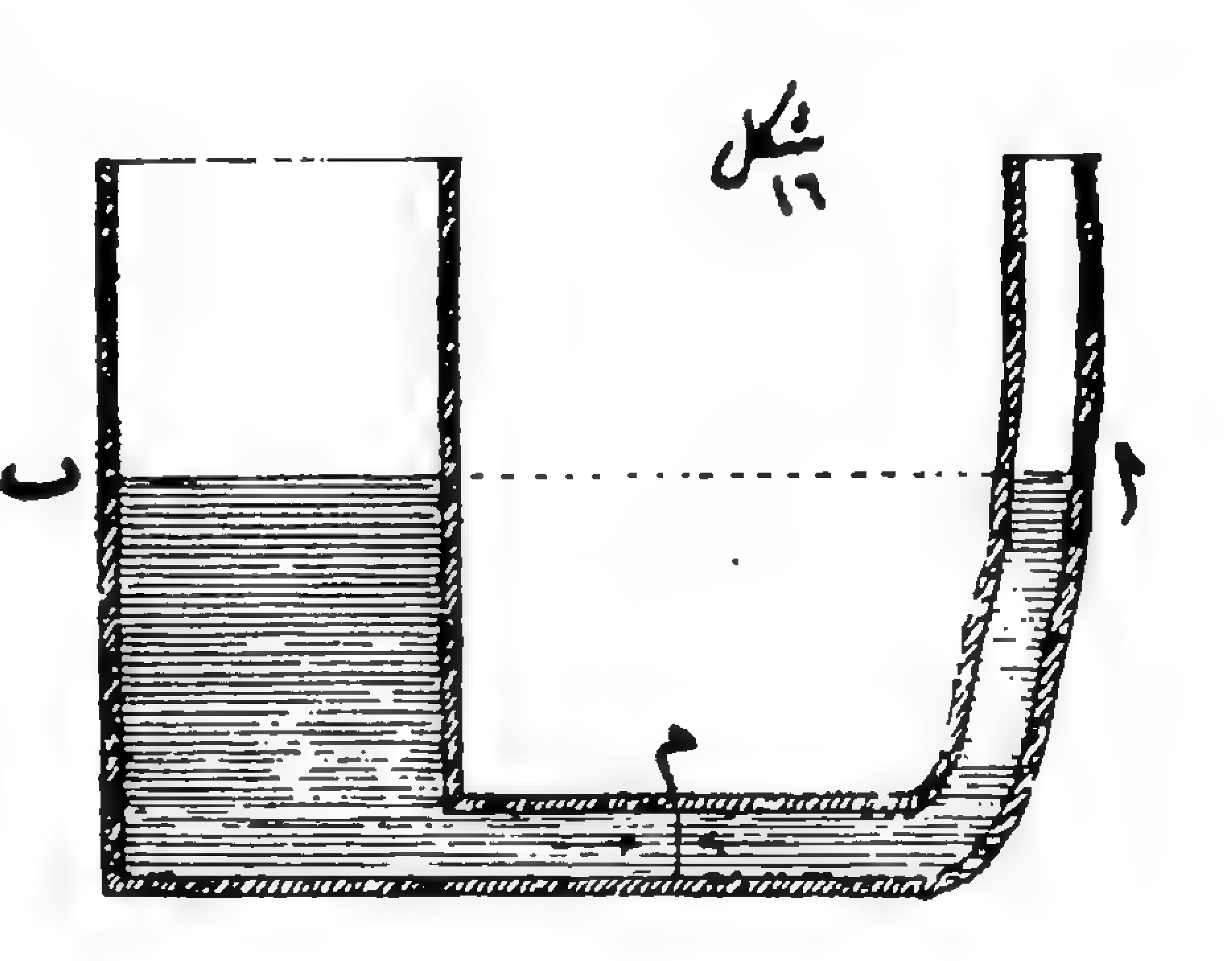
فاذا حركنا المخلوط يكون هذا التحرك بلا طائل لان الموائع تنفصل عن بعضها وتصير راقات افقية متراكمة على بعضها بحيث يصير الزيبق فى الطبقة السفلى والماء فى الطبقة الوسطى والزيت فى الطبقة العليا

فى الاوانى المستطرقة اى النافذة لبعضها

٥٨ اذا استطرق اناءان ايا ما كان شكلها ومقدارها فاما ان يحتويا على مائع او على عدة موائع مختلفة الكثافة

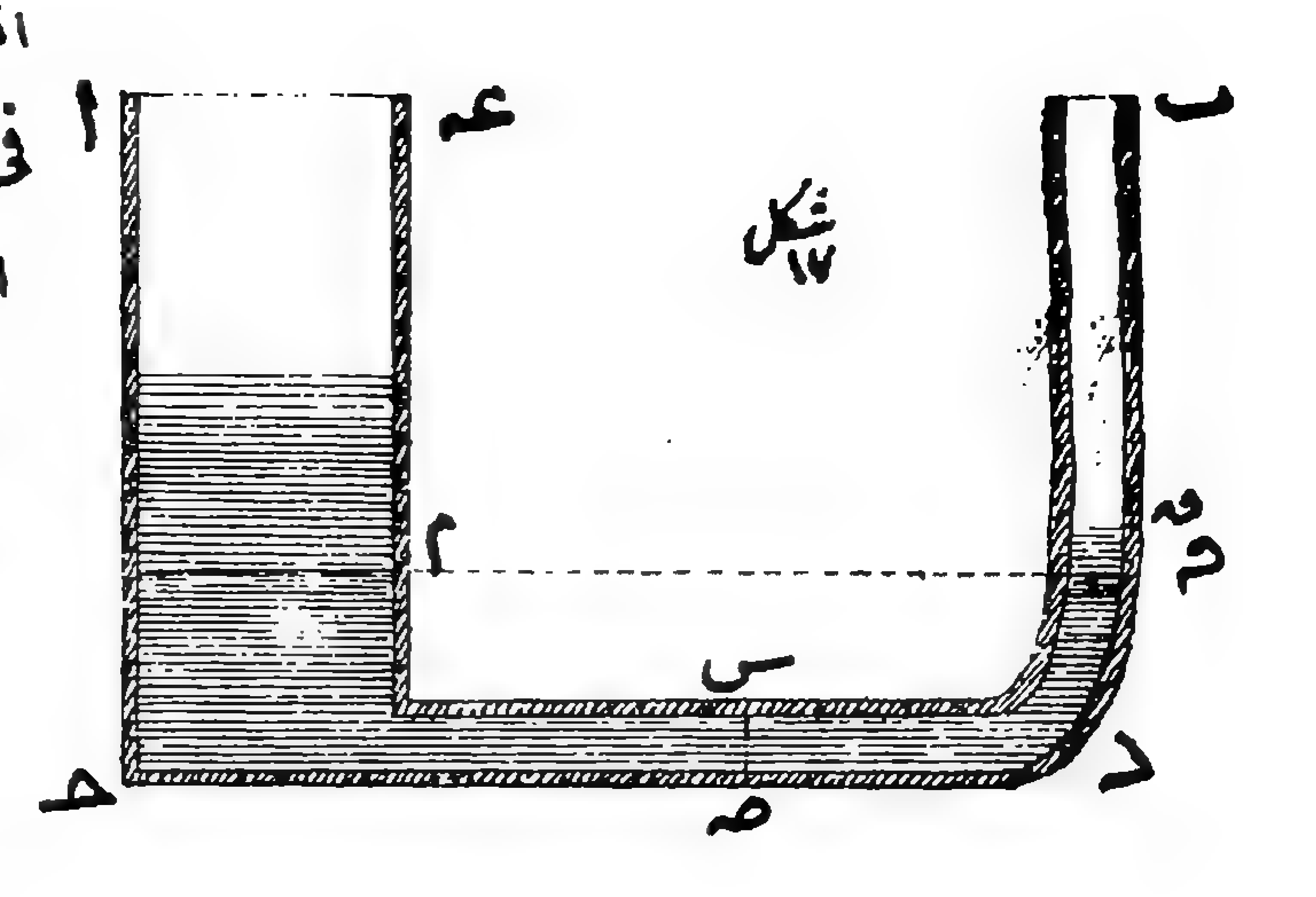
الحالة الاولى توازن المائع الواحد فى انائين من الاوانى المستطرقة ان تكون تسويتا هذا المائع فى الانائين المذكورين على مستو واحد افقى

فاذا اعتبرنا فى قناة التوصيل طبقة رأسية م (كما فى الشكل ١٦) نقول حيث أن التوازن موجود فهذه الطبقة لابد وأن يقع عليها ضغوط متساوية من كل جهة وحينئذ فمقدار الضغط من الجهة اليمنى الى الجهة اليسرى يساوى ثقل عمود مائع قاعدته الجدار م



وارتفاعه الرأسى من مركز ثقله الى تسوية المائع فى الآناء ا وأما مقداره من الجهة اليسرى الى الجهة اليمنى فيساوى ايضاً ثقل عمود مائع قاعدته الجدار م المذكور وارتفاعه البعد الرأسى من مركز ثقله الى تسوية المائع فى الآناء ب فحيث كانت القاعدة المضغوطة واحدة وكثافة المائع واحدة فالضغطان يكونان متساويين اذا كانت تسويتا ا و ب على مستو واحد افقى وحيث أن هذه القاعدة لا تعلق لها بقطر الاوانى فالعمود الجزئى من الماء المظروف فى الاناء ا يوازن جسماً عظيماً من الماء المظروف فى الحوض ب

الحالة الثانية أى الموائع المختلفة الكثافة



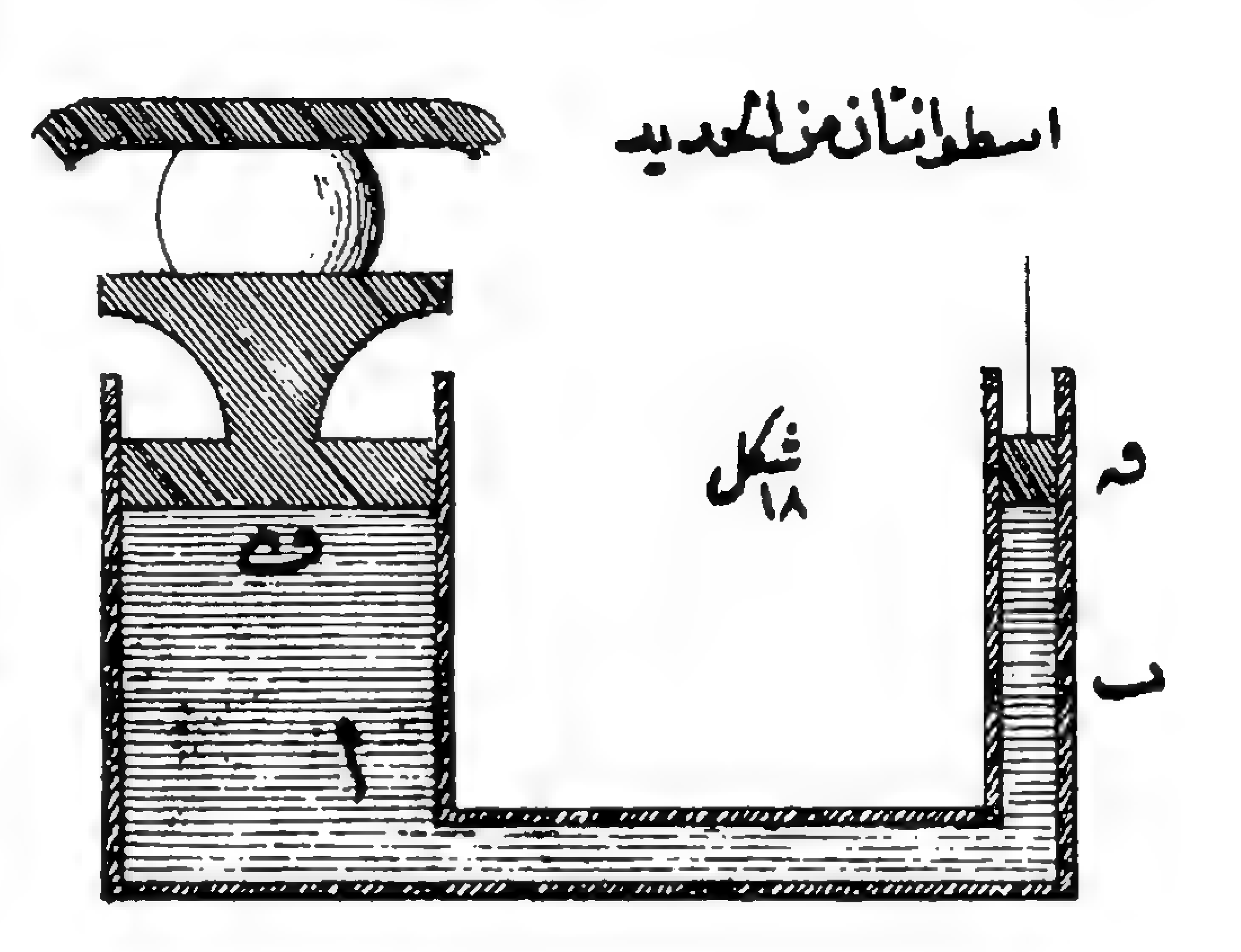
اذا صب مائعان مختلفا الكثافة في انائين مستطرقين فارتفاعا عمودي المائعين اللذين يتوازنان يكونان على نسبة عكسية لكثافتهما

فاذا صب اولاً في الانائين المستطرقين ا و ب كما في (الشكل ١٧) زيبقاً ثم صببنا مآء في الاناء ا وكانت ع تسوية المآء في الآناء ا و ن تسوية الزيبق في الآناء ب و م السطح الفارق بين المآء والزيبق وتصورنا امتداد المستوى الافقي م الفارق بين هذين المائعين الى ان يصل الى ن شاهدنا أن جسم الزيبق م ح د ن يتوازن بمقتضى القاعدة المتقدمة واما عموده و ن فيوازن عمود المآء م ع اذا تقرر ذلك فالحاجز س ص المجعول بالاختيار في القناة الموصلة يقع عليه ضغطان من الجهتين احدهما ضغط عمود الزيبق ن د وضغط عمود الزيبق م ح المساوى والمعادل له وثانيهما الضغط الذي يقع من الجهة اليمنى الى الجهة اليسرى وهو ضغط عمود المائع و ن الذي يساوى ثقل اسطوانة من زيبق قاعدتها س ص وارتفاعها و ن والضغط الذي يقع من الجهة اليسرى الى الجهة اليمنى وهو ضغط عمود المآء م ع الذي يساوى ثقل اسطوانة من مآء قاعدتها س ص وارتفاعها م ع ولابد أن تكون هذه الاثقال متساوية ليحصل التوازن فاذا جعلنا حينئذ ب رمزاً لامتداد الحاجز س ص و س رمزاً لارتفاع عمود الزيبق الذي هو و ن و ى لكثافة هذا المائع و سَ لارتفاع عمود المآء م ع و ىَ لكثافته و ح لوحدة جذب الارض كان مقدار ضغط الزيبق ب . س . ى . ح ومقدار ضغط المآء ب . سَ . ىَ . ح فيصير ب س ى ح = سَ ىَ ح ويوخذ من هذا أن س : سَ :: ىَ : ى وبهذا تثبت القاعدة المذكورة

فاذا جعلنا كثافة المآء وحدة كانت كثافة الزيبق تساوى ١٣,٥٩ فتكون زنة الزيبق المساوي بحجم المآء قدر زنة المآء ١٣,٥٩ مرة فيلزم حينئذ أن يكون الارتفاع م ع لعمود المآء قدر الارتفاع ن د للزيبق الذي يوازنه ١٣,٥٩ مرة

فى الضغط الايدروليكى اى المكبس

بند ٤٩ للقواعد المتقدمة تطبيق فى كثير من الاحوال ولنقتصر فى ايضاحها على جهاز بديع جداً اخترعه المعلم پسكال مبنى على قاعدة تساوى الضغوط وتوازن الموائع فى الاوانى المستطرقة وهذا الجهاز يسمى بالمضغط الايدروليكى ولنبينه بوجه مختصر فنقول



ان ا و ب من (شكل ١٨) اسطوانتان من الحديد الزهر ثخينتا الجدران قطر احدهما اكبر من قطر الثانية يتحرك فى كل منهما مكبس مع الاحتكاك المحكم ويستطرقان الى بعضهما بانبوبة من الزهر وهذا الجهاز يملأ بالما ملأ كلياً فمن حيث ان تسوية الما وقت التوازن واحدة يعلم انا اذا ضغطنا على المكبس الصغير ه ضغطاً يساوى ١٠ كيلوغرامات مثلاً فيصل هذا الضغط الى جميع اجزاء المائع بحيث ان كل جزء من قاعدة المكبس الاكبر ما و لقاعدة المكبس الاصغر يقع عليه ضغط من اسفل الى اعلى يساوى ١٠ كيلوغرامات فحينئذ اذا كانت قاعدة المكبس الاكبر اكبر من قاعدة المكبس الاصغر ١٠٠ مرة فالضغط الكلى الواقع على قاعدة الاول يكون ١٠ × ١٠٠ اى ١٠٠٠ كيلوغرام وفى اعلى المكبس ق لوح معدنى متين يوضع عليه الاجسام المراد ضغطها ويسامت هذا اللوح بروازمعدنى متين جداً فتوضع الاجسام المعرضة للضغط بين البرواز واللوح المعدنى واما المكبس الصغير فانه يتحرك برافعة ويضم الى الاسطوانة الصغيرة ب حوض وجملة لواليب منفعتها ادامة الضغط

ويسهل بمقتضى النظرى المتقدم الحكم بان هذه الالة يصدر عنها تأثير عظيم بأدنى قوة فان الاسطوانة من الخشب الموضوعة بين اللوح والبرواز تنكسر فى الحال

ويستعمل المضغط الايدروليكى الذى لم تستوف جميع مزاياه هنا فى صناعة بارود الحرب وفى ضغط الجوخ والحبوب

والحبوب الزيتيه وطين الطوب والجواهر المعدة لصناعة الورق وفى استخراج زيت الشمع ولفصل الاسبارتى اى من السمك الذى يصنع منه الآن الشمع من الشحم

الدرس الثالث

فى الثقل وفى مركز الثقل

فى ثقل الأجسام

٣٠ من المقرر فى علم الميكانيكا ان التثاقل يؤثر فى كل من عناصر الجسم الواحد على خطوط متوازية ومتجهة فى جهة واحدة وان القوى المتوازية المتجهة فى جهة واحدة والواقعة على نقط مختلفة من جسم واحد لها محصلة موازية للقوى المركبة ومساوية لمجموعها وينتج من هاتين القضيتين أن تأثير التثاقل فى جسم يؤول الى قوة واحدة مساوية لمجموع القوى العنصريه وموازية لاتجاهها وهذه القوة عبارة عن ثقل الجسم فحينئذ ثقل الجسم هو مجموع جميع القوى العنصريه الناتج من تأثير التثاقل فى كل من جواهره ويؤخذ من هذا التعريف تمييز التثاقل من الثقل وذلك أن التثاقل عبارة عن القوة التى تجذب كلاًّ من الجواهر الفردة الى الارض بخلاف الثقل فانه عبارة عن القوة المحصلة من القوى العنصرية للجسم

وثقل الجسم يناسب مجسمه اى عدة جواهره وينتج من ذلك طريقة سهله لمعرفة مجسمات الأجسام المختلفة وهى قرنها ببعضها الانه لما كانت نسبة مجسمى الجسمين الى بعضهما كنسبة ثقليهما صح تعيين تلك النسبة بالميزان كما يشاهد ذلك

فى مركز ثقل الأجسام

٣١ من المقرر فى علم الميكانيكا أن محصلة عدة قوى متوازية واقعة على نقط مختلفة من جسم واحد تمر دائماً بنقطة واحدة من هذا الجسم وان أملنا جميع تلك القوى فى أوضاع مختلفة

على التوالى وحينئذ اذا اعتبرنا الحالة الخصوصية التى تنشأ فيها القوى عن تأثيرات التثاقل نشاهد أن تلك القوى تبقى حافظة دائماً لعين نقط وقوعها واتجاهاتها واقدارها فى جميع الاوضاع التى يصير عليها الجسم بحيث أن المحصلات المختلفة الاتجاه لابد وأن تتقاطع فى نقطة واحدة كما فى الحالة التى يتغير فيها اتجاه القوى بالنسبة للأجسام وهذه النقطة هى التى تسمى بمركز الثقل وحينئذ فمركز ثقل الجسم هو النقطة التى تمر بها محصلة تأثيرات التثاقل فى هذا الجسم كائناً ما كان وضعه بالنسبة الى مستو ثابت

وحيث كان يمكن دائماً تعويض جملة القوى بمحصلتها يظهر أن تأثير التثاقل على جسم يؤول الى قوة واحدة مساوية لثقله وواقعة على مركز ثقله ومتجهة من اعلى الى اسفل على خط رأسى ولما كانت هذه القوة قائمة مقام جميع قوى التثاقل وجب اعتبارها دون غيرها فى شروط موازنة الأجسام او تحركها ومن هنا يظهر أن الجسم يتوازن اذا وضع على مركز ثقله أو على نقطة كائنة على رأسى مركز ثقله سواء كانت فوق مركز الثقل أو تحته وانه لا يتوازن اذا وضع من نقطة كائنة على خط رأسى غير الرأسى المذكور اما فى الحالتين الاوليين فتنعدم المحصلة وحينئذ لا يتحرك الجسم ابداً وأما فى الحالة الأخيرة فتميل المحصلة الى تحريك مركز الثقل وتميل بالبناء عليه الى تحريك الجسم المحتوى عليه الى أن يصل المركز المذكور الى الخط الرأسى الممتد من نقطة الوضع

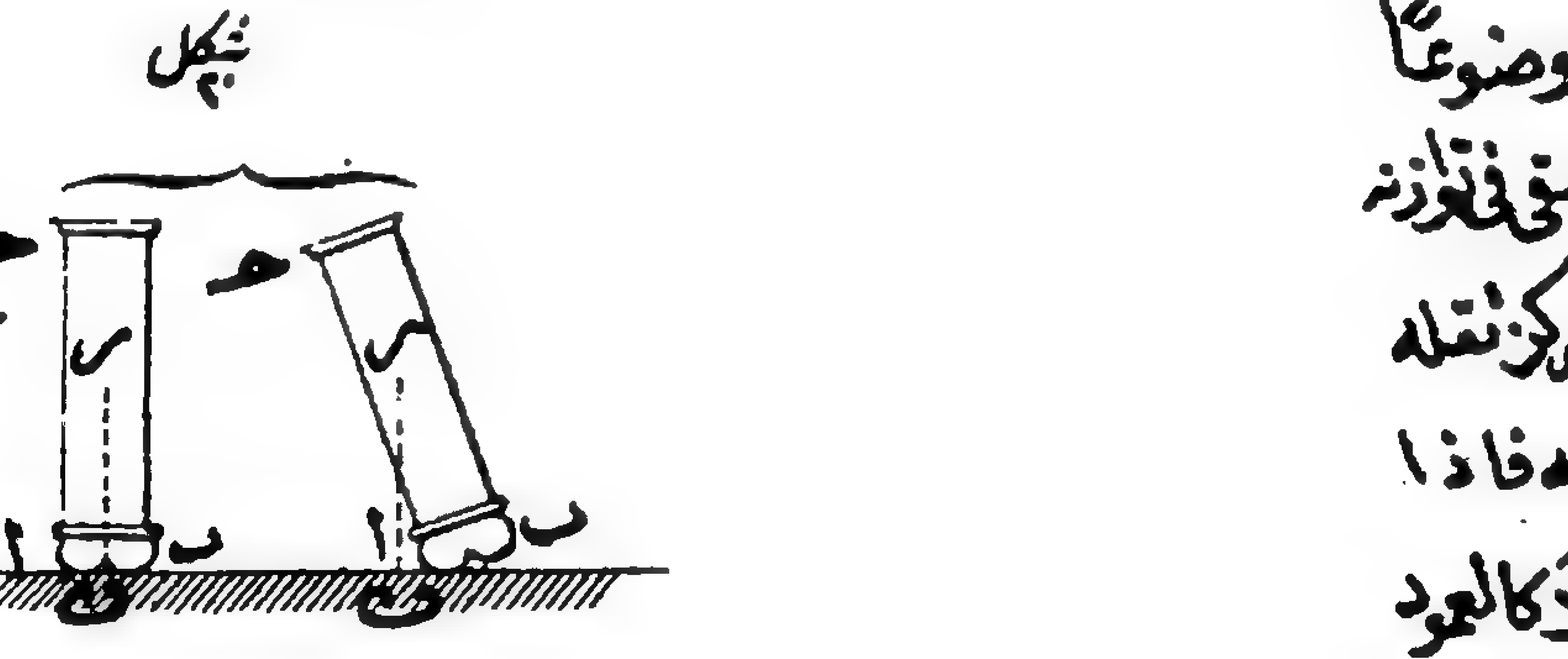
وحيث تعرضنا لذكر التوازن فالمناسب أن نعرف هنا التوازن الدائم والتوازن غير الدائم والتوازن بلاقيد لما ان هذه الانواع كثيرة الاستعمال فى علم الطبيعة وفى علم الميكانيكا فنقول إن الجسم يكون فى توازن دائم اذا رجع من نفسه الى وضع توازنه بتبعيده عنه بقليل ويكون فى توازن غير دائم اذا لم يرجع من نفسه الى وضع توازنه ومال الى التباعد عنه شيأً فشيأً ويكون فى التوازن بلاقيد اذا بقى على الوضع الذى يعطى له بتحريكه حول مركز ثقله فيشاهد بسهولة أن الجسم يكون فى توازن دائم أو فى توازن غير دائم أو فى توازن بلا قيد على حسب كون نقطة وضعه فوق مركز ثقله أو فى أسفله أو نفس مركز الثقل

ومعرفة مركز الثقل مهمة جداً فى كثير من المسائل النظرية والصناعية فمركز ثقل مسطرة مستقيمة ومتجانسة ليس الا وسط طولها لان الموجود على كلا جهتى تلك النقطة عدد واحد من العناصر المتساوية وكذلك عدد واحد من القوى المتساوية والمتوازنة ومثل هذا يقال فى مركز ثقل

الدائرة ومركز ثقل الكرة أي أنهما موجودان على نقطتي وسطيهما وكذا مركز ثقل متوازي الاضلاع
أي أنه موجود على نقطة تقاطع قطريه وكذا مركز ثقل الاسطوانة فانه على وسط محورها
وقد تكفل علم الميكانيكا ببيان
قواعد ايجاد مركز ثقل جميع
الأجسام المتجانسة المنتظمة
الشكل اما ايجاد مركز ثقل الأجسام
المختلفة الجنس غير المنتظمة الشكل
فلا يمكن تعيينه الا بواسطة
العمليات الطبيعية وحينئذ
اذا علقنا جسمًا من النقطة
أ ثم من النقطة ب كما في

شكل ١٩

(الشكل ١٩) وعلمنا على النقطتين أَ، بَ اللتين يقطع فيهما امتداد خيط التعليق سطح هذا الجسم
فمركز الثقل يكون في النقطة حـ وهي نقطة تقاطع الخطين أأَ، ب بَ
ثم الجسم ان كان موضوعًا
على مستوٍ افقي فلا يبقى في توازنه
الا اذا كان رأسي مركز ثقله
مارًّا بداخل قاعدته فاذا
اعتبرنا عمودًا مائلًا كالعمود
أ ب حـ من (شكل ٢٠)
نشاهد أن ثقله م ء
يميل الى الحركة حول النقطة
أ وعليه فيكون التوازن



غير ممكن واما اذا اعتبرنا العمود راسيًا فلا توجد نقطة يحصل الدوران حولها فيبقى على توازنه
ومن هنا يظهر أن سبب بقاء الانسان في التوازن على المستوى الافقي مرور رأسي مركز ثقله بقاعدة
رجليه وحيث أن مركز الثقل يتغير في جسم الانسان بتغير الاوضاع النسبية للاجزاء المختلفة يقال

كلما كبر امتداد القاعدة كلما كان التوازن دائماً وكان الانسان اكثر ثباتاً وذلك لان مركز الثقل يمكن ان ينتقل تنقلات كثيرة بدون ان يخرج عن الحدود الضرورية للتوازن ويقل ثبات الانسان اذا وضع احدى رجليه على امتداد الثانية لكن البهالين أى الذين يلعبون على الحبال يتوصلون الى حالة الثبات فى هذا الوضع وقد يستعملون فى بعض الاحيان الميزان المسمى بميزان البهلوان كى يبعدوا مركز ثقلهم مع السهولة فى رأسى الحبل الذى يتحركون عليه

فى قياس ثقل الاجسام وفى الميزان

بند لا يمكن الحصول على ثقل الجسم بطريقة مطلقة ولا يتعين الا بالنظر لثقل جسم أخر يجعل وحدة ووحدة الثقل المستعملة فى بلاد فرانسا هى الغرام وهو ثقل سنتيمتر مكعب من ماء مقطر درجة حرارته ٤°، والموازين هى الآلات المعدة لتقدير ثقل الأجسام

والميزان المعتاد كما فى (شكل ١٢) مركب من قب معد فى يهتز وسطه حول محور ثابت وفى نهايتيه كفتان معدتان لوضع الأجسام فيهما ويشترط ان يكون مركز ثقل الميزان المذكور على الرأسى الممتد من المحور اذا صار القب أفقياً وان يكون طول العاتقين ا حـ , حـ ب

واحداً فان تحقق هذان الشرطان فالجسمان المتساويان فى الثقل يتوازنان فى الكفتين والجسمان المختلفان يميل ثقيلهما القب امالة كثيرة او قليلة وتعيين الثقل الحقيقى للجسم يكون بوضعه فى احدى الكفتين ووضع عدة غرامات بقدر ما يلزم لتوازنه فى الكفة الأخرى

ومن المهم تحقيق الشرطين الاصليين المتقدمين فتحقيق الشرط الاول بالنظر الى القب وكونه افقياً يكون بعدم وضع اثقال فى الكفتين فان بقى على افقيته فالشرط متحقق معه وتحقيق الشرط الثانى بالنظر الى الجسمين المتوازنين فى الكفتين يكون بوضع احدهما محل الأخر بدون ابطال التوازن

المتوازن فان اختل الشرط الأول لزم تعديل الميزان بتعيين ثقل موافق لاحدى الكفتين واما اذا اختل الشرط الثانى فيمكن ايضاً استعمال الميزان فى معرفة الثقل الحقيقى للجسم لكن بطريقة تضعيف الوزن وذلك بان يوضع الجسم فى احدى الكفتين ويوازن بوضع رمل او رش فى الكفة الثانية ثم يرفع الجسم ويوضع محله صنج مرقومة فهذه الصنج هى ثقل الجسم وهذه الطريقة البديعة هى طريقة المعلم بوردا وهى نفيسة للاوزان لانه كاد ان يستحيل تساوى طول عاتقى الميزان ويجب علينا الآن ان نذكر الطرق المستعملة لضبط الميزان فنقول ان القب يجب أن يهتز بلا مانع حول محور موضوع فى منتصفه ويتحقق هذا الشرط بان يوضع فى القب وضعاً عمودياً على عرضه منشور مثلثى من الفولاذ حرفه الأسفل يستقر على قاعدة الميزان وهذا الحرف المسمى بالسكين هو المحور الذى تجرى حوله الاهتزازات ويلزم أن يكون حاداً جداً لانه لو كان سطحه مستديراً بالكلية لتغير محور القب فى انحرافات مختلفة ولم يبق على بعد ثابت من نهايتى العاتقين وزيادة على ذلك يلزم ان يكون مصنوعاً من مادة متينة جداً كيلا ينبرى بسبب ثقل الآلة ومتى كانت الموازين معدة لمقارنة الأثقال التى تبلغ كيلوغراماً واحداً لزم ان تكون مقاومة القب شديدة جداً وان يكون شكل السكين مستديراً استدارة قليلة ومن هنا ينتج احتكاكات عظيمة تمنعنا عن الوزن بتقريب يكون اكبر من ميليغرام واحد واما فى صورة العكس أى صورة ما اذا اريد مقارنة اثقال صغيرة بعضها لا تزيد عن الغرام الواحد مثلاً فلا يستعمل لذلك الا الموازين الصغيرة التى لا تكون فيها الا ابرة بسيطة فيتم حينئذ فى التقريب الى عشر من الميليغرام وهذا انما يكون فى النقود

ولا بد ان تكون نقطتا تعليق الكفتين ثابتتين فى جميع اوضاع القب فان تغيرتا أثر الكفتان فى ابعاد مختلفة من المحور وينشأ عن هذا صعوبة عظيمة فى الاوزان وينتهى كل من الكفتين عادة بمشبك يكون انحناؤه حاداً على هيئة السكين ويوضع هذا المشبك مع الثبات على حرف مستدير استدارة قليلة موجود فى نهاية عاتقى القب ولم يوجد بمقتضى هذا الوضع الا نقطة تماس واحدة بين القب والكفتين وهذه النقطة واحدة دائماً فى جميع اوضاع الآلة

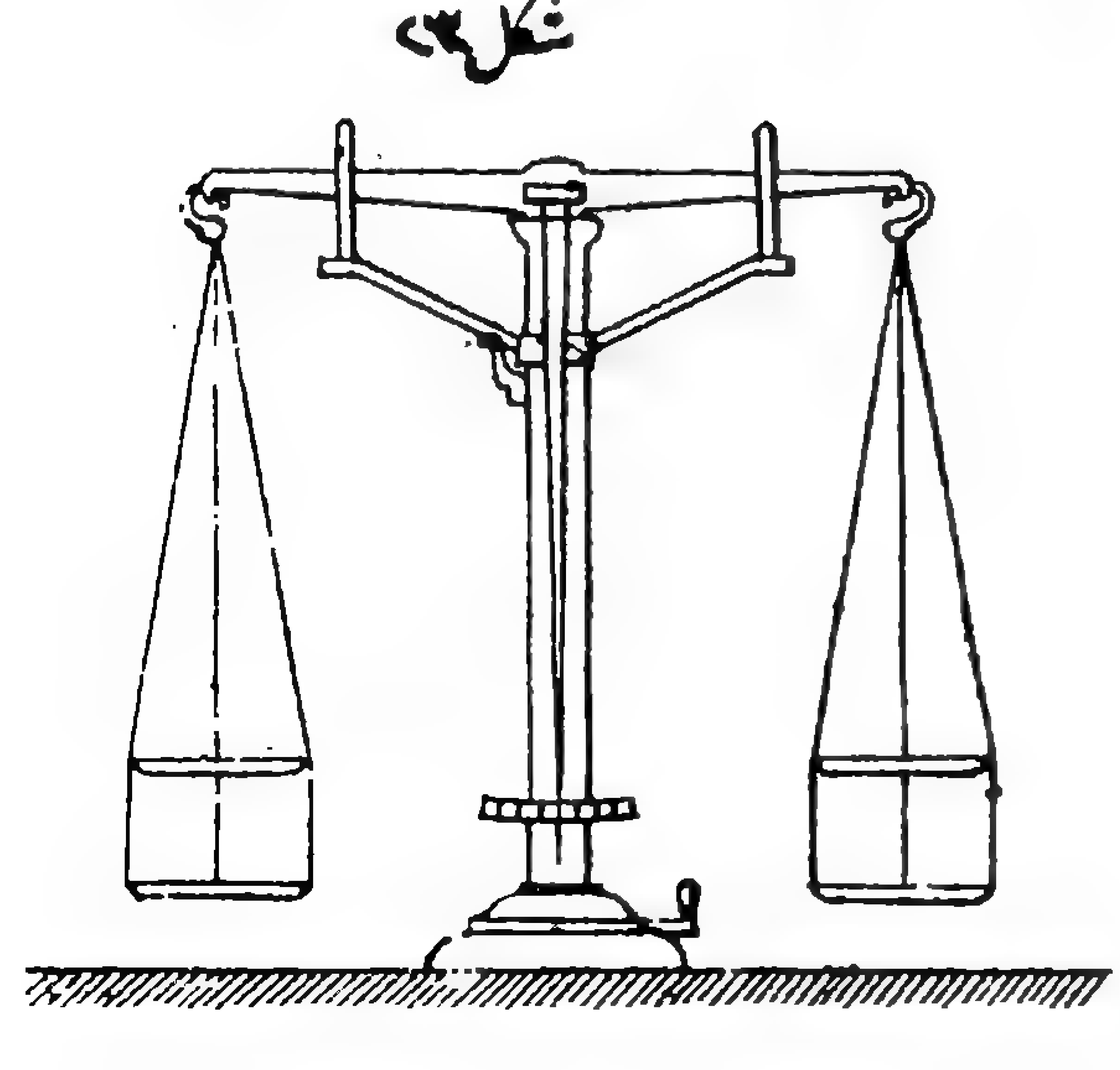
ولاجل ان يكون الميزان سهل الاستعمال يلزم وضع مركز ثقل القب تحت المحور الثابت فان كان على المحور بنفسه بقى التوازن فى جميع اوضاع القب واما اذا كان فوقه فلا يميل القب للرجوع الى وضعه بمجرد ان يبعد عنه بقليل واذا كان مركز الثقل موجوداً تحت المحور كان التوازن دائمياً

ومال القبّ المختل الوضع الى ان يرجع الى وضعه فاذا صار القبّ فى الاتجاه أَتَ مثلاً كما فى (شكل ٢) مر مركز الثقل ر بالنقطة رَ وحينئذٍ يقال حيث أن ثقل الآلة يؤثر على حسب الرأسى رَق يميل الى اعادة النقطة رَ الى النقطة ر وكذلك القب أَتَ الى القب اب ويرجع القب حينئذٍ الى هذا الوضع بعد بعض اهتزازات

ولتحقيق كون القب افقياً يجب ان يطبق على القب المذكور تطبيقاً عمودياً ابرة يمر اتجاهها بالمحور الثابت فتقطع نهاية الابرة وتتبع دائرة مقسوم الى اقسام متساوية فاذا كان القب افقياً وقعت الابرة على صفر التقسيم واما اذا مال ميلاً كثيراً او قليلاً بيّنت الابرة فرقاً كثيراً او قليلاً من الدرج بالابتداء من هذه النقطة ولا حاجة فى تعيين الثقل الحقيقى للجسم الى ان تكون الابرة رأسية لانه يكفى ان تهتز بعض اهتزازات متساوية السعة القوسية من كل طرف من الصفر

وينبغى الاحتراس من تيار الهواء فى عمل الأوزان المضبوطة فلذلك يضعون الميزان فى صندوق ولا يفتحون الاجزاء من الزجاج وقت العمليات ولاجل ان لا يبرى حد السكين من حامله يضعون عادة فى الموازين المضبوطة سندين كما فى (شكل ٣) يرتفعان بواسطة رافعة ويحملان القب وقت عدم استعمال الآلة وهذان المسندان يستعملان ايضاً لمنع الاهتزازات الكبيرة جداً

شكل ٣



الدرس الرابع

الباب الثالث

في الاجسام الغاطسة وفي قاعدة ارشميدس

بند ٢٦ نظرية الأجسام الغاطسة في الموائع والطافية عليها مبني على قاعدة واحدة وهي قاعدة ارشميدس ومضمونها ان كل جسم غاطس في سائل يفقد جزءًا من ثقله يساوي ثقل مقدار من السائل حيزه كحيز هذا الجسم

واثبات هذه القاعدة يكون اما بالبرهان واما بالتجربة

فاما البرهان فانا نعتبر مجسمًا مائعًا في توازن كالجسم ا ب حـ د من (شكل ٤) ثم نفصل منه بالعقل جزءًا ما كالجزء م فلا يختل التوازن اذا فرضنا ان هذا الجزء من المائع صار جامدًا بالكلية وحينئذ فيقع عليه من المائع المحيط به ضغوط عمودية يمكن أن تحلل كلها الى ضغوط افقية وضغوط رأسية اما الضغوط الافقية فتتماحى من حيث ان الجسم م

(شكل ٤)

(شكل ٥)

لا يتحرك في أي جهة كانت واما الضغوط الرأسية فناتج قوتها يساوي ثقل مجسم المائع م من حيث انه مضاد لسقوط هذا الجسم وانه يؤثر فيه من اسفل الى اعلى وهذا الضغط هو المسمى بدافعة السائل فاذا وضعنا الآن بدلًا عن الجسم م جسمًا ما وكان شكل حيزه عين شكل حيز الجسم المذكور بالضبط فلابد وان تقع الدافعة المتقدمة على هذا الجسم من المائع المحيط به

وعليه فينقص ثقله بكمية تساوى ثقل حجم المائع الذى حل هو محله

(كالكرة) واما التجربة وتؤدى الى مثل هذه النتيجه طريقتها ان تعلق تحت احدى كفتى ميزان اسطوانة مجوفة من نحاس او غيره بواسطة مشبك وتضع تحتها اسطوانة اخرى مصمتة تنزلق فى الاسطوانة الاولى مع الاحكام وبعد حصول التوازن اذا غمسنا الاسطوانة المصمتة فى اناء ممتلى من الماء انعدم التوازن ودلت التجربة على انه يكفى لاعادته ان تملأ الاسطوانة المجوفة من الماء وينتج من ذلك ان نقص ثقل الاسطوانة المصمتة بسبب غمسها فى الماء يساوى ثقل مقدار من مائع حيزه كحيزها

تنبيه اذا غمس جسم فى مائع فله ثلاث حالات

الحالة الاولى أن يكون الجسم المغموس اكثف من المائع وفى هذه الصورة يكون ثقل الجسم اكبر من مدافعة السائل فيسقط فى قاع الاناء بقوة تساوى فاضلها

الحالة الثانية ان يكون ثقل الجسم المغموس عين ثقل السائل المحذوف وحينئذ اذا كان ثقل الجسم المغموس يساوى مدافعة السائل بقى الجسم فى توازن وسط جسم المائع ولهذا يبقى كل من العنبر والراتنج المسحوق معلقا بهذه المثابة وسط الماء العادى أو المملح تمليحا خفيفا

وتوازن الجسم المغموس بالكلية فى السائل اما ان يكون دائميا أو غير دائمى او بين بين وذلك بحسب وضع مركز ثقله ومركز المدافعة وهو مركز ثقل السائل المحذوف ولابد فى توازن الجسم المغموس ان يكون كل من مركز ثقل هذا الجسم ومركز المدافعة على خط رأسى واحد فيكون التوازن دائميا اذا كان مركز ثقل الجسم تحت مركز المدافعة وغير دائمى اذا كان مركز ثقل الجسم فوق مركز المدافعة وبين بين اذا انطبق المركزان على بعضهما

الحالة الثالثة ان يكون ثقل الجسم المغموس اقل من ثقل المائع المحذوف وفى هذه الصورة حيث كانت مدافعة السائل الذى يؤثر فى الجسم من اسفل الى اعلى اكبر من ثقله يرتفع الجسم الى سطح المائع غير انه يتأتى دائما فى هذه الحالة ان يخرج الجسم من المائع جزأ بعد جزء ثم يطفو على سطحه فتى توازن الجسم المذكور ظهر أن ثقله يساوى ثقل الماء الذى شغل محله الجزء الغاطس منه

ولا تتعلق طريقة توازن الجسم الطافى هنا بمركز المدافعة بل تتعلق بوضع نقطة مخصوصة تكون أعلى مركز المدافعة بقليل وهذه النقطة تسمى بالمركز العلوى وتتعين بواسطة الحساب ويكون توازن الجسم الطافى دائميا اذا كان مركز ثقله موضوعا تحت المركز العلوى وغير دائمى اذا كان هذا المركز موضوعا فوقه وكان دائما على خط رأسى

وهذه الأحوال المختلفة المتعلقة بالغمس والتعليق والطفو مبينة تبيينًا كافيًا فى حركات جهاز صغير غطاس يسمى باللعبة وهى غطاسة صغيرة من الزجاج اقتصرنا على مجرد ذكرها هنا لانها معروفة عند الخاص والعام

فى كثافة النسبية للأجسام

بند ٢٨ كثافة الجسم هى كمية المادة التى يحتوى عليها فى وحدة الحيز وحينئذ هى النسبة ما بين مجسم الجسم وحيزه

فاذا رمز لمجسم الجسم بحرف م وللحيز بحرف ح تكون كثافة الجسم ثخ = م/ح وتقدم لنا فى ثقل الأجسام ان الثقل ه = م × ح (ح وحدة جذب الارض) فاذا وضعنا عوضًا عن م مقدارها نجد ان ه = ثخ ح ح

نتايج

النتيجة الأولى اذا فرض جسم آخر ثقله هَ وحيزه حَ وثقله الخاص ثخَ كان هَ = ثخَ × حَ × ح فاذا قسمنا الأولى على الثانية نتج ه : هَ :: ح × ثخ : حَ × ثخَ

النتيجة الثانية اذا فرض ثخَ = ثخ حدث من المناسبة الاولى ه : هَ :: ح : حَ

ومعناه انه اذا اتحد جسمان فى الثقل الخاص كان حيزاهما مناسبين لثقليهما

النتيجة الثالثة اذا فرض أن هَ = ه ينتج ح × ثخ = حَ × ثخَ ومنها ح : حَ :: ثخَ : ثخ اعنى اذا كان جسمان مختلفى الجنس متحدى الثقل كان حيزاهما مناسبين عكسا لثقليهما الخاصين

النتيجة الرابعة اذا فرض ح = حَ ينتج ه : هَ :: ثخ : ثخَ ومعناه ان الجسمين المتحدى الحيز تكون نسبة ثقليهما الخاصين الى بعضهما كنسبة ثقليهما وهذه النتيجة الاخيرة معرفتها مهمة جدًا لانه لا يمكن تقدير أى كمية بدون مقابلتها بكمية أخرى من نوعها تجعل وحدة ومن حيث ان الماء المقطر تحصل بسهولة ويصير نقيًا جدًا فى جميع اماكن الكرة أخذت كثافته وحدة لتعيين الكثافات النسبية لسائر الأجسام الجامدة والمائعة وحينئذ فالاثقال الخاصة للأجسام هى نسب كثافتها الى كثافة الماء المقطر ويؤخذ من النتيجة الأخيرة انه متى كانت الاحياز متساوية فالأثقال الخاصة متناسبة للاثقال وينتج انه لمعرفة الثقل الخاص لجسم بالنسبة للماء يكفى ان يوزن مقدار من هذا الجسم ومثله فى الحيز من الماء المقطر ويقسم

الاول على الثانى فيحدث الثقل الخاص لهذا الجسم

تنبيه

قد تقدم أن ه : هَ :: ثخ ح : ثخَ حَ فاذا تأملنا فى وحدات الثقل والحيز والثقل الخاص شاهدنا انه اذا كان حَ بيبن سنتمترا مكعبا من الماء المقطر يوجد حَ = ١ ، ثخَ = ١ (لانها كثافة الماء) وحينئذ يكون هَ = ١ جراما (وهو ثقل السنتمتر المكعب من الماء) فتؤول المناسبة المتقدمة الى ه : ١ جراما :: ح ثخ : ١ اى ه = ح ثخ وفى هذه المعادلة يكون ه ثقل الجسم بالجرامات و ثخ ثقله الخاص بالنسبة للماء المقطر و ح حيزه بالسنتمتر المكعب ولنشرع الآن فى الطرق اللازمة لتعيين الاثقال الخاصة للاجسام فنقول

فى تعيين الاثقال الخاصة للاجسام الجامدة

الطريقة الاولى طريقة تعيينها بالميزان الايدروستاتيكى اى المائى وهو ميزان تحت كل من كفتيه مشبك وذلك أن نعين الثقل ه للجسم الجامد المطلوب المعلق فى خيط رفيع جدا تحت احدى الكفتين ثم نعين الثقل هَ للجسم المذكور وقت أن يكون مغموسا بالكلية فى الماء المقطر فيدل الفرق ما بين الثقلين ه - هَ (بموجب قاعدة ارشميدس) على ثقل الماء المحذوف اعنى على ثقل مقدار من الماء حيزه مساو لحيز الجسم فاذن يكون الثقل الخاص المطلوب

$$ثخ = \frac{ه}{ه - هَ}$$

الطريقة الثانية طريقة المربع وهى ان نبحث فى مبدء الأمر عن ثقل الجسم بواسطة طريقة تضعيف الوزن ثم نضع كما فى شكل (٢٤) فى احدى كفتى الميزان الجسم بجانب مربع مسدود ومملوء من الماء المقطر ونضع فى الكفة الثانية حبوبا رزينة لحصول التوازن ثم ننزل المربع ونغمس الجسم فى الماء فى فيغره وبعد ذلك نسده بسدادته المصنفرة ونمسحه مسحا جيدا

شكل ٢٤

ونضعه ثانياً في الكفة والجسم فيه فيفضل التوازن حينئذ وتدل الاثقال التي يلزم وضعها بجانب المربع لحصول هذا التوازن على ثقل مقدار من الماء حيزه كحيز الجسم

واذا كان الجسم قابلاً للانحلال في الماء فلا يمكن تعيين ثقل مقدار المائع الذي حيزه كحيز هذا الجسم بغمسه فيه فنبحث حينئذ عن كثافة الجسم المذكور بالنسبة الى مائع اخر لا ينحل فيه ذلك الجسم ثم عن كثافة هذا المائع بالنسبة الى الماء ونضرب هاتين الكثافتين في بعضهما فيدل الحاصل على كثافة الجسم بالنسبة الى الماء ويمكن ايضاً طلي الجسم بطبقة خفيفة من الشمع بحيث لا يزداد حيز الجسم ازدياداً واضحاً

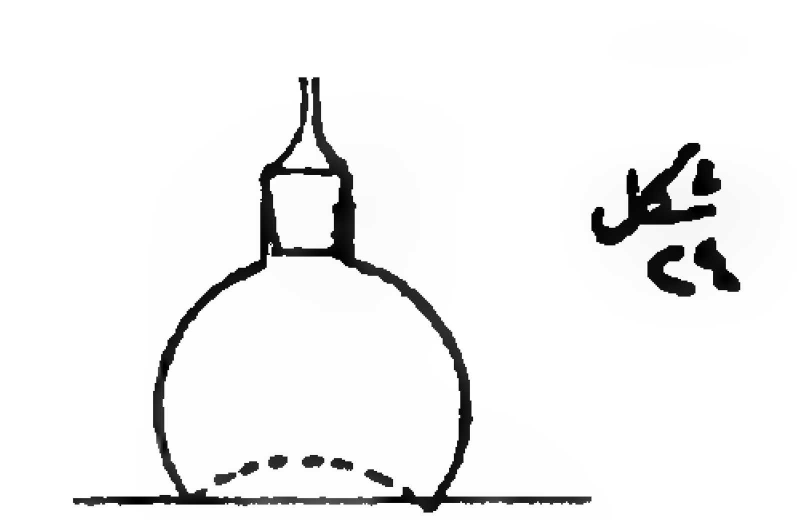
واذا كان الجسم رملياً احتوت اجزاؤه على الهواء وحنفت بهذه المثابة مقداراً عظيماً من الماء ولأجل تقليل الخطأ نضع المربع مع الجسم المحتوي عليه تحت ناقوس الآلة المفرغة ونجري عملية التفريغ فيصعد الهواء حينئذ على سطح المائع وبعد انتهاء هذه العملية يدخل الهواء ثانياً تحت الناقوس ويملأ المربع من الماء المقطر ونسده ثم نبحث عن ثقل الماء المحذوف ويمكن ايضاً غلي الماء بعد غمس الجسم فيه وهذه الطريقة مرجحة عن الطريقة الأولى وذلك لان الآلة المفرغة لما كانت غير كافية للتفريغ الكلي كان لا يمكن ان تزيل الهواء الداخل بين اجزاء الجسم بخلاف كرات البخار التي تصعد من قاع الماء وقت الغلي فانها تجذب معها جميع جواهر الهواء التي تقابلها في ممرها ومن المهم استعمال الاستحراسات المذكورة في الأجسام المذكورة لازالة الهواء الملتصق بسطحها او الداخل في خلالها

في تعيين الاثقال الخاصة للاجسام المائعة

الطريقة الاولى طريقة الميزان الايدروستاتيكي أي المائي فاذا كان المطلوب تعيين الثقل الخاص للالكول مثلاً نعلق في خيط رفيع جداً تحت احدى كفتي هذا الميزان جسماً جامداً ونعين على التوالي ثقله ق في الهواء ثم ثقله ق′ وقت ان يكون غاطساً في الالكول ثم ثقله ق″ عند ان يكون غاطساً في الماء المقطر فبمقتضى قاعدة ارشميدس يدل ق − ق′ و ق − ق″ اللذان هما نقص ثقل الجسم في الالكول وفي الماء على ثقلي المائعين المحذوفين بواسطة هذا الجسم وحيث كان حيزهما واحداً فالثقل الخاص للالكول يكون

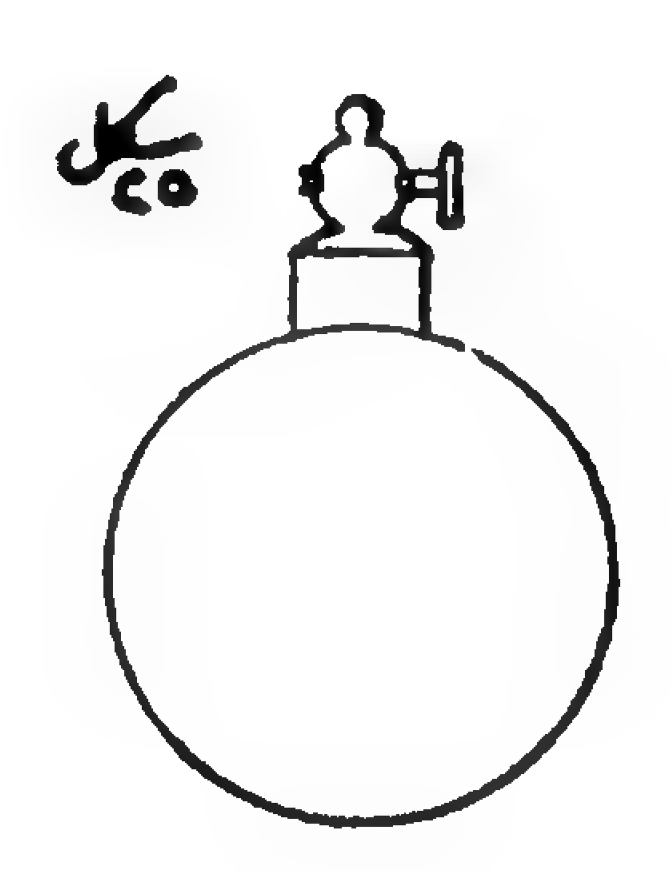
$$ثخ = \frac{ق - ق′}{ق - ق″}$$

الطريقة الثانية طريقة المربع وذلك أن نلاؤم ربعًا صغيرًا مصنفرًا كما فى (شكل ٢٩) من المائع الذى نبحث عن ثقله الخاص ونسده وبعد مسحه نضعه فى كفة ميزان ونوازنه بحبوب رزينة ثم نفرغ المربع ونضعه ثانيًا فى الكفة ونضع بجانبه اثقالا كافية لحصول التوازن فبهذه الكيفية يتحصل ثقل المائع المظروف فيه وبمثل هذه العملية يمكن معرفة ثقل مقدار من الماء حين كحيز المائع المذكور



فى تعيين الاثقال الخاصة للغازات

تنسب الاثقال الخاصة للغازات عادة الى الثقل الخاص للهواء فيتحصل الثقل الخاص للغاز بقسمة ثقل مقدار منه على ثقل مقدار من الهواء حيزه كحيزه لكن بدل المربع المستعمل فى الموائع نأخذ كرة من زجاج كما فى (شكل ٣٠) تبلغ سعتها من ١٠ الى ١٢ لترا وفيها طوق معد فى ذو حنفية تفرغ منه بالاختيار الغازات المراد تجربتها ولابد من اعتبار الغازات فى درجة واحدة من الضغط والحرارة لان ثقل مقدار ما من الغاز مرتبط بهاتين الحالتين كما سنبين ذلك فيما بعد ولاجل أن ننسب كثافة الغازات الى كثافة الماء يكفى ان نضرب كثافتها المنسوبة للهواء فى كثافة الهواء المنسوبة الى كثافة الماء تساوى هذه



الكثافة $\frac{1}{770}$ بفرض ان درجة حرارة الهواء تساوى صفرًا ودرجة ضغطه تساوى ٧٦ سم وحيث أن اللتر الواحد من الماء يزن ١٠٠٠ غرام يكون وزن اللتر الواحد من الهواء $\frac{1000}{770}$ غم أى ١,٢٩٨ غم فى حالتى الضغط والحرارة المذكورتين وهذا عبارة عن ١,٣ غم تقريبًا





جدول الاثقال الخاصة

الاثقال الخاصة للجوامد

ماء مقطر	١٫٠٠	نحاس	٨٫٨٨
بلاتين مصفح	٢٢٫٠٠	حديد	٧٫٢١
بلاتين مطرق	٢٠٫٣٤	الماس	٣٫٥٣
ذهب مطرق	١٩٫٣٦	صوان	٢٫٦١
ذهب مذاب	١٩٫٢٥	بلور	٢٫٥٠
رصاص	١١٫٣٥	جليد ذايب	٠٫٩٣
فضه	١٠٫٤٧	خشب الفلين	٠٫٢٤

الاثقال الخاصة للموائع

ماء مقطر	١٫٠٠	نبيذ برجونيا	٠٫٩٩
زيبق	١٣٫٥٩	زيت الزيتون	٠٫٨١
حمض الكبريتيك	١٫٨٤	ألكول نقي	٠٫٧٩
حمض ازوتيك	١٫٥١	إيتير كبريتيك	٠٫٧٢

الاثقال الخاصة للغازات

هوا	١٫٠٠٠٠	أوكسيجين	١٫١٠٥٦٣
كلور	٢٫٤٤١٦	أزوت	٠٫٩٧١٣٧
حمض الكبريتوز	٢٫٢٤٠	إيدروجين	٠٫٠٦٩٢٦
حمض الكربونيك	١٫٥٢٩١	بخار الماء	٠٫٦٢٣٥

فلو كانت جميع الأجسام المتحدة الحيز تتمدد بالسوية بتأثير الحرارة لكانت كثافاتها المطلقة تتغير بالسوية بتأثير هذا المؤثر ولكانت كثافاتها النسبية غير مرتبطة بالمؤثر المذكور لكن حيث أن تمدد الأجسام يختلف خصوصًا الجوامد والموائع فلابد من تعيين درجة الحرارة التي تتعين فيها كثافات تلك الأجسام فحينئذ انواع الكثافة المذكورة في الجدول المتقدم تكون معينة في درجة حرارة الجليد الذايب واما درجة ضغط الأجسام على

اختلاف انواعه فلها تأثير فى كثافاتها ومن امثلة ذلك الأعداد المذكورة لكثافة الذهب

الدرس الخامس

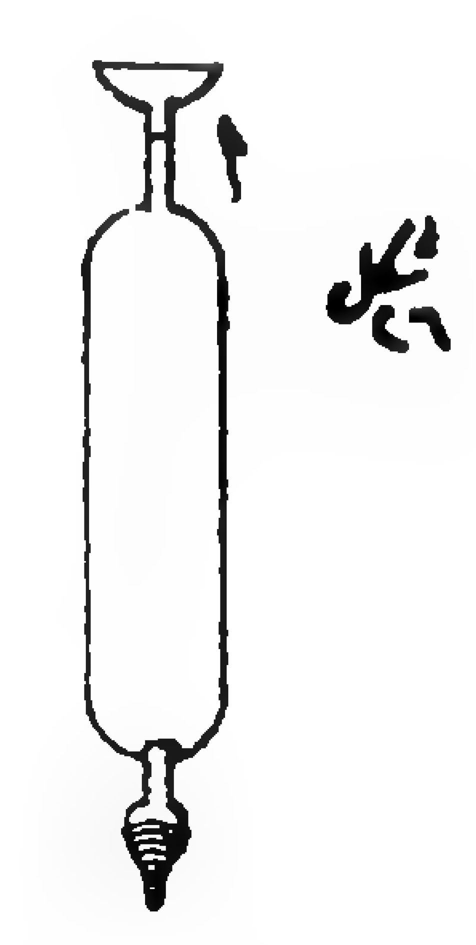
فى نظرى الاريومترات

٢٩ بند يستعمل غالبًا فى البحث عن المعادن وفى التجارة عوامات صغيرة تسمى بالاريومترات وفائدتها معرفة كثافة الأجسام مع السرعة التامة او معرفة الكميتين النسبيتين لجسمين يتركب منهما مخلوط مائع

ويجب أن نبين الاريومترات ذات الحجم غير المتغير والاريومترات ذات الحجم المتغير أعنى الاريومترات التى تغمس الى نقطة واحدة فى جميع الموائع والاريومترات التى تغمس فيها الى نقط مختلفة وأن نقف على حقيقة اريومتر فرنهيت واريومتر نكلسون اللذين هما من جملة الاريومترات ذات الحجم غير المتغير وعلى حقيقة اريومتر بومى والكومتر غاىلوساك اللذين هما من جملة الاريومترات ذات الحجم المتغير فنقول

فى اريومتر فرنهيت

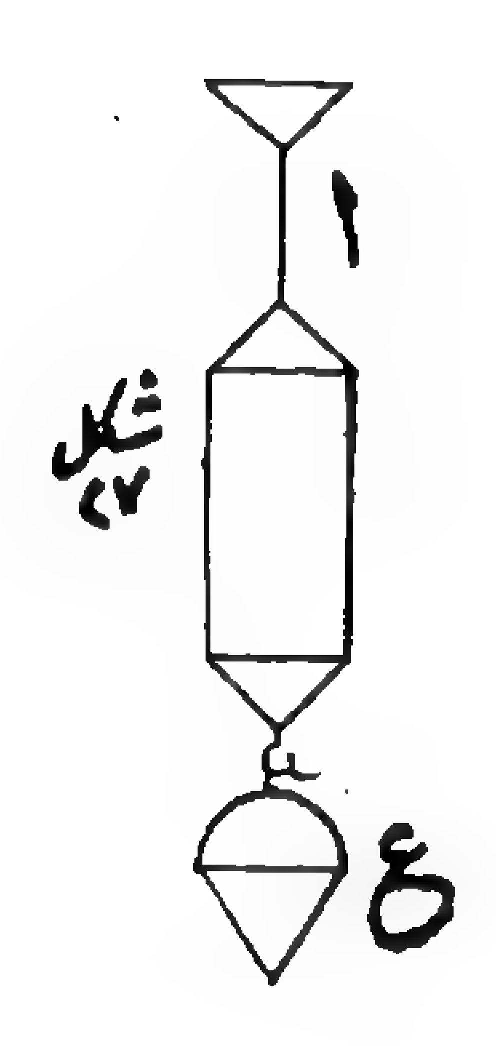
الاريومتر المذكور مركب كما فى (شكل ٣٩) من اسطوانة من زجاج منتهية بقضيب رفيع عليه صحن وفى اسفل هذه العوامة كرة صغيرة ممتلئة النصف من الزيبق معلقة فيه لتوازنه فى الموائع توازنا دائمًا ويمكن أن تغمس هذه الآلة بواسطة انتقال الوضع فى الصحن فى جميع الموائع الى نقطة واحدة ١ مبينة على القضيب وان تحذف بهذه المثابة حجومًا متساوية من كل مائع ونقطة ١ تسمى نقطة التصفيف أو نقطة الغطوس فاذا اريد تعيين كثافة الالكول بواسطة هذا الاريومتر بالنسبة الى الماء نغمسه فى جسم من الماء ثم فى جسم من الالكول ونبحث عن الثقلين ق , ق‌ً اللذين يلزم وضعهما فى الصحن لاجل حدوث التصفيف ثم نبحث عن الثقل ق الذى هو ثقل الاريومتر فيدل حاصلا الجمع ق + ق‌َ و ق + ق‌ً على ثقلى مقدارين من الماء والالكول متحدى الحيز وذلك لانهما يبينان ثقلى



العوامة اذا كانت متوازنة فى هذين المائعين ومغموسة فيهما الى نقطة واحدة وبعد ذلك نقسم الثقل ٥ + ٥ للالكول على الثقل ٥ + ٥ للما وهذه العملية تجرى ايضًا على غير ذلك من الموائع

فى اريومتر نيكلسون

قد حسن نيكلسون اريومتر فرنهيت وغير فيه تغييرًا خفيفًا فصار بذلك اريومترًا معدًّا لتعيين كثافة الجوامد



وهذا الاريومتر مركب من اسطوانة من الصفيح الموزش كما فى (شكل ٤٠) منتهية بقضيب متين فى نقطة ا وعليه صحن وفى اسفلها صحن آخر كان فى الكثافة لاجل ان يستعمل صابورة وكان فى العرض لاجل ان توضع فيه الاجسام الجامدة التى يراد تجربتها ويمكن ان يستعمل الاريوميتر المذكور ميزانًا ليعرف به ثقل الجسم الجامد الذى يبحث عن كثافته فلهذا تغمس العوامة فى آنية ممتلئة تقريبًا من الما ويوضع الجسم فى الصحن الاعلى ويوضع بجانبه اثقال غير معلومة المقدار كافية لتصيير القضيب فى نقطة التهفهف ا ثم يرفع الجسم من الصحن ويوضع محله اثقال معلومة المقدار تكون كافية لتجديد تهفهف الآلة فتدل هذه الاثقال على ثقل الجسم ولاجل معرفة ثقل حجم من الما مساو لحجم هذا الجسم ترفع الاثقال المعلومة المقدار من الصحن الاعلى وتبقى فيه الاثقال غير المعلومة المقدار ويوضع الجسم فى الصحن الاسفل ثم تغمس الآلة فى الما فلا يحصل التهفهف ولاجل تجديد التهفهف يجب ان يوضع فى الصحن الاعلى اثقال لتدل على نقص ثقل الجسم فى الما وعليه فتدل على ثقل حجم من الماء مساو لحجم ذلك الجسم ويؤول هذا الامر الى قسمة ثقل الجسم على ثقل الماء

فان كان الجسم اخف من الما لزم ان تثبت فى النقطة ع مصفاة معدة لمنع هذا الجسم عن الصعود على سطح المائع ولا تاثير لهذه المصفاة فى الاوزان لانها صارت جزءًا من ثقل الآلة

فى اريومتر بومى

الاريومتر المذكور مركب كما فى شكل (٤١) كتركيب جميع الاريومترات ذات الحجم المتغير من اسطوانة منبتة فى نهايتها العليا انبوبة من زجاج ومتسعة اسفلها بشبه مخروط من زجاج ممتلئ من الزيبق

فاذا كانت هذه الآلة متوازنة فى المائع حذفت منه حجما ثقله يساوى ثقلها وعليه فكلما كثر انغماس الآلة المذكورة كلما قلت كثافة هذا المائع

وطريقة التدريج التى استعملها المعلم بومى هى انه وضع صابورة كافية فى اريومتره كى ينغمس فى الماء المقطر الى قرب النهاية العليا من الانبوبة وعلم صفرا فى نقطة التهفهف ثم غمسه فى محلول مركب من ٨٥ جزءا من الماء و ١٥ جزءا من ملح الطعام وعلم ١٥ فى نقطة التهفهف وبعد ذلك قسم البعد الواقع بين هاتين النقطتين الى ١٥ جزءا متساوية

شكل ٢٨

١٥

وامتد فى التقاسيم حتى وصل الى شبه المخروط

ولا تدل هذه العوامة على كثافة السوائل بل على درجة تشبع المحاليل الملحية وعلى درجة تركز الحوامض وعليه اذا غمسناه فى عدة محاليل من ملح واحد علم ايها اشد تشبعا فيكون هو الاكثف الذى تغطس فيه العوامة قليلا وما جرى فى المحاليل يجرى ايضا فى الحوامض وذلك أن اريومتر بومى ينغمس الى ٦٦° فى حامض الكبريتيك الاكثر تركزا من غيره وكلما كانت كثافة هذا الحامض قليلة بان كان يحتوى على جزء عظيم من الماء كلما ازداد انغماس الآلة فيه وبسبب استعمال هذا الاريومتر تارة فى الحوامض وتارة فى الاملاح صار يطلق عليه فى الغالب ميزان الاملاح وميزان الحوامض ومن المهم فى التجارة معرفة مقدار الالكول الداخل فى الارواح وفى الموائع الروحية ويمكن الوصول لذلك بتغيير علامتى التهفهف اى بجعل الصفر اسفل ومع ذلك فقد استعمل المعلم بومى تدريجا آخر لموازين الارواح وذلك انه غمس الآلة فى محلول مركب من ٩٠ جزءا من الماء ومن ١٠ اجزاء من ملح الطعام وعلم صفرا على نقطة الغطوس ثم غمسها فى الماء المقطر وعلم ١٠ فى نقطة التهفهف وقسم البعد الكائن بين النقطتين الى ١٠ اجزاء متساوية واستمر على التقاسيم حتى وصل الى الجزء الأعلى من القضيب فكلما كثر الكول المائع الروحى كلما ازداد انغماس هذا الاريومتر فيه ودرجة الكول التجارة ٣٥ ودرجة الالكول النقى ٤٤° أو ٤٥° واما درجة ايتير كبريتيك

فتصل

مطبعة
ابراهيم
الدسوقى

تصل الى ٧٠ وقد يستعمل في الغالب ميزان آخر للأرواح ينسب الى المعلم كرتبير ولا يخالف الميزان المتقدم الا في التدريج فقط

في الكومتر المعلم غاي لوساك

بهذا الالكومتر المذكور نقيس في التجارة لتبيين حجم الالكول الصافي الداخل في مخلوط مركب من الكول وماء بمجرد النظر الى درجة انغماسه في هذا المخلوط ولأجل تدريجه نغمسه اولاً في الكول نقي ونضع له صابورة بحيث يصل تقريباً الى النهاية العليا من الساق ونعلم ١٠٠ على نقطة التهفهف ثم نركب جملة مخاليط يكون مقدار اجزائها المأخوذة من الالكول النقي

٠ ٥ ١٠ .... ٨٥ ٩٠ ٩٥

ومقدار اجزائها المأخوذة من الماء ١٠٠ ٩٥ ٩٠ ...... ١٥ ١٠ ٥

ونغمس الآلة فيها بالتوالي ونعلم على نقط التهفهف بالارقام

٠ ٥ ١٠ .... ٨٥ ٩٠ ٩٥

ولاجل الحصول على النقط المتوسطة يلزم مخاليط اخرى غيرانا اذا قسمنا كلاً من الأبعاد الى خمسة اجزاء متساوية فنقط التقسيم تختلف اختلافاً قليلاً عن النقط التي تكون نتيجة للتجاريب الجاري عملها مباشرة فان وقف الالكومتر على الدرجة الثلاثين في جسم قدره ٢٦٠ لترا من الالكول كان هذا الجسم لا يحتوي الا على ٢٦٠ × ٣٠ ر٠ أي ٧٨ من الالكول النقي ثم ان اريومتر المعلم غاي لوساك بسيط الاستعمال وسهله اذا كانت كثافات المواثع غير متغيرة لكن حيث أن هذه الكثافات تتغير بتغير درجة الحرارة وان نقط التهفهف الواحدة في درجتين من الحرارة لا تدل على مقدار واحد من الالكول انشأ المعلم المذكور جداول تدل على التصحيح اللازم عمله في النتائج فصار بذلك هذا الالكومتر سهل الاستعمال في جميع درجات الحرارة ولا مانع من عمل اريومترات مشابهة للاريومترات المذكورة لاجل تعيين المقادير النسبية لأي جسمين يتركب منهما مخلوط مائع

الدرس السادس

الباب الرابع

في تأثير التثاقل على الغازات

بند الجو أي الهواء طبقة محيطة بالكرة الأرضية احاطة متصلة ومرتفعة عن سطح هذه الكرة بقدر ١٢ أو ١٥ فرسخًا والجو تابع للحركة الدورية ولو كان ساكنًا لصادم الأجسام عند دورانها مصادمة تكون عين المصادمة التي تحدث في صورة ما لو كانت تلك الأجسام ساكنة والجو متحركًا اذا كانت حركة الجو في الصورة الأولى مساوية لحركتها في الصورة الثانية ومضادة لها وفي هذه الحالة تعظم المصادمة وتزيد عن مصادمة العواصف الشديدة بحيث تكون سرعة تيار الهواء الذي يهب مثلا جهة خط الاستواء من المشرق الى المغرب في الثانية الواحدة ٤٥٦ مترا مع ان الريح لا تبلغ سرعته ابدًا ٤٠ مترا وكان المتقدمون يعتقدون أن الهواء جسم بسيط من جملة عناصر العالم التي تكلم عليها ارستو مع انه مركب من غازين يسميان عند الكيماويين المتأخرين بالاوكسيجين والأزوت فاما الغاز الأول فهو خمس حجمه تقريبًا واما الثاني فهو اربعة اخماسه ولو كان الأزوت نقيًا لم يكن كافيًا للاشتعال وحفظ الحياة ولو كان الاوكسيجين داخلًا فيه بمقدار أعظم من المذكور لقويت حياة الحيوانات جدًا وانعدمت قواها بسرعة وكما أن الهواء مركب من الغازين المذكورين مركب ايضًا من حمض الكربونيك ومن بخار الماء لكنهما لا يوجدان فيه الا بمقدار قليل بالنسبة للغازين المذكورين

بند ٤٣ ثم ان عناصر الهواء والغازات تتحرك كتحرك عناصر المواتع وكثير من خواص المواتع موجود في الغازات ولنذكر الخواص المشتركة بينهما فنقول

اولًا ان الغازات تنقل الضغط الواقع على نقطة مّا من جسمها الى جميع الجهات بقدر واحد وثانيًا ان التوازن لا يمكن أن يوجد في الغاز بدون أن يحصل لعناصره ضغوط متساوية ومتضادة في جميع جهاته

وثالثًا

وثالثاً أن ضغوط الغاز على غيره بالنظر الى التثاقل غير متعلقة اصلاً بشكل الآنية المحتوية على الغاز

ورابعاً أن الأجسام الغاطسة فى جسم غازى منقادة لضغط رأسى واقع من اسفل الى اعلى ومساو لثقل السائل المحذوف

وخامساً أن سيلان الغازات من المنافذ الصغيرة جار على قوانين سيلان الموائع وأن السرعة فى المنافذ تقدر كما تقدر سرعة الموائع فيها ولم نتعرض هنا للنتائج تلك القواعد ولا لتطبيقاتها لانها تذكر فيما بعد وانما نقتصر على ذكر بعض نتائج عامة فنقول الجو منقسم الى طبقات افقية لجميع العناصر لطبقة واحدة تنضغط على السوية من اعلى الى اسفل لانها ولم تنضغط بهذه المثابة لنقلت العناصر الأعظم انضغاطاً من غيرها اعظم ضغط نقلاً جانبياً وانعدم التوازن ولم يبق على اصله وزيادة على ذلك ضغط الجو الكلى على سطح ما يساوى ثقل عمود رأسى من الهوآء قاعدته هذا السطح ورأسه آخر الجو ويؤخذ من هذه النتيجة أنه كلما كانت ضغوط الطبقات الافقية واقدارها صغيرة جداً كلما كانت ارتفاع الطبقات كبيراً

٣٥ والغازات المظروفة فى الأوانى يحدث منها نوعان من الضغط على الجدران الاول الضغط الناشئ عن اثقالها والثانى الضغط الناشئ عن قوة مرونتها اما النوع الأول فهو مشابه لضغط الموائع اذا كان غير مرتبط بشكل الآنية وكان يتزايد من الأعلى الى الأسفل غيرانه دائماً اشد ضعفاً من ضغط الموائع لان اقدار الغازات اصغر دائماً من اقدار الموائع واما النوع الثانى اى الضغط الناشئ عن قوة مرونة الغازات فهو اكبر من الضغط الناشئ عن اثقالها متى كانت أبعاد الآنية المحتوية على الغاز غير كبيرة جداً ويخالفه ايضاً فى انه يقع على جميع الجدران بشدة واحدة حيث أن الاجزاء الصغيرة للغازات تندفع فى جميع الجهات بقوة واحدة

فاذا اتصل هوآء محل بالهوآء الخارجى فالضغط الناشئ عن مرونة الهوآء الداخلى يكون مساوياً للضغط الحادث من ثقل الجو وذلك لان التوازن لايمكن أن يستقر بين الهوآء الخارجى والهوآء الداخلى الا اذا كان الجزء الصغير من الهوآء الموضوع جهة منفذ التوصيل مضغوطاً بالسوية من الداخل الى الخارج ومن الخارج الى الداخل وعليه فالسطوح المتساوية يقع عليها

مضغوط واحدة في داخل المحل وفي خارجه

ويتضح لنا الضغط الناشئ عن مرونة الهواء بتجربة بسيطة جداً هي انا اذا غمسنا انبوبة مفتوحة الطرفين في جسم من مائع فانه يرتفع الى تسوية واحدة في الداخل وفي الخارج لما ان الهواء يحصل منه ضغط واحد على جميع نقط سطح الماء ويبقى المائع حافظاً ايضاً لتسوية واحدة اذا سددنا الطرف الاعلى للانبوبة بالاصبع لان الهواء الداخلي مالم يكن مضغوطاً ولا منتشراً تتدافع اجزاؤه الصغيرة بقوة واحدة تكون عين القوة الأصلية وعليه فيقع منها ضغط واحد في جميع الجهات اما الماء الداخلي في الصورة الاولى فكان مضغوطاً بثقل الهواء الجوي واما في الثانية فكان مضغوطاً بقوة المرونة فلو انتشر الهواء الداخلي لنقصت مرونته وارتفع الماء في الانبوبة ولو انضغط الهواء لعظمت مرونته وانخفض الماء

في البارومتر أي آلة قياس ضغط الهواء

بند ٣٤ البارومتر آلة معدة لقياس ضغط الهواء على سطح الأرض

ولاجل عمل بارومتر تؤخذ انبوبة من الزجاج طولها ٨٠ سنتيمتراً تقريباً مسدودة احد الطرفين ومفتوحة الآخر وتملأ زيبقاً لطرد الهواء منها ثم يوضع الاصبع على الطرف المفتوح ويقلب مغموساً جزؤها الأسفل في طست ممتلئ من الزيبق فبمجرد رفع الأصبع يشاهد ان المائع ينزل قليلاً في الأنبوبة مع انه لم يدخل من الهواء فيها ولا ادنى جزء لكن بدلاً ان ينزل في الانبوبة الى تسوية الزيبق الموجود في الطست يبقى فوق هذه التسوية على ارتفاع عظيم س ب (كما في الشكل ٢٩)

شكل ٢٩

ويؤخذ من هذه التجربة ان الهواء يضغط على الزيبق الموجود في الطست لانه اذا كان لا يضغط عليه فتسوية المائع تكون واحدة في داخل الانبوبة وفي خارجها وينتج من هذا ايضاً ان عمود الزيبق س ب الكائن فوق التسوية الخارجية يقاس به ضغط الهواء لان هذا العمود يصير ضغط هذا الغاز موازناً له حيث انه يوجد فوقه فضاء تام وليس ارتفاع عمود الزيبق في البارومتر واحداً في الأزمنة المختلفة للسنة ولا في الساعات المختلفة ليوم واحد بل يتغير تغيرات

قليلة



قليلة الامتداد وارتفاعه المتوسط يساوى ٧٦ سنتيمترا (اى ٢٨ اصبعا) فوق تسوية البحر واختراع البارمتر ينسب للمعلم تورسلى تلميذ المعلم غاليله كان فى سنة ١٦٤٣ مسيحيه وهذا الوقت هو مبدأ تقدم علم الطبيعه فكان لا يوجد وقتئذ الا بعض تعريفات وهمية تتعلق باكثر الحوادث وكانوا يلتجئون الى الأسباب الخفية فى توضيح تلك التعريفات فكانوا ينسبون صعود المياه مثلاً فى الطلنبات لكراهة الطبيعة للفراغ وقد استولى هذا الرأى على العقول ورسخ فيها حتى انه فى السنين الاول التى اعقبت تجربة تورسلى كان الناس لا يعتقدون وجود ضغط الهواء ولا تأثيره لأجل حفظ عمود البارومتر وسنذكرهنا بعض تجاريب دلت مع الايضاح على حقيقة قاعدة البارومتر فنقول

اولاً اذا كان عمود الزيبق محفوظا حقيقة فى الفضاء بواسطة ضغط الهواء فالموائع التى تكون اقل كثافة من الزيبق يلزم ان تبقى فيه على ارتفاع اكبر من ارتفاع الزيبق ولابد زيادة على ذلك ان تكون ارتفاعات اعمدتها متناسبة عكسا مع كثافاتها وقد اثبت المعلم پسكال هذا الأمر فى سنة ١٦٤٦ وذلك انه استعمل انبوبة طولها ٤٦ قدما مسدودة احد الطرفين ومفتوحة الأخر وملأها ماء وسدها بسدادة وقلبها فى آنية ممتلئة من الماء فبمجرد رفع السدادة نزل الماء فى الأنبوبة وبقى فيها على ارتفاع يبلغ ٣٢ قدما تقريبا (اى ٣٣ر١٠م) فوق التسوية وهذا الارتفاع يزيد بقدر ١٣ر٥٩ مرة تقريبا عن ارتفاع الزيبق فى الأحوال المذكورة

ثانيا اذا نقل الانسان البارومتر فى عدة اماكن مختلفة الارتفاع يشاهد انه كلما ارتفع فى الجو كلما نزل عمود الزيبق وقد حقق هذا الأمر على سلسلة جبل تسمى پى دودومه وقت دعوى المعلم پسكال

ثالثا اذا كان ضغط الهواء سببا فى حفظ عمود الزيبق فى انابيب البارومتر فارتفاع هذا العمود يلزم ان يكون غير مرتبط بشكل الانابيب ولا بأبعادها ولا بميلها وقد ثبت هذا بالتجربة

وحيث تقررت تلك التعريفات فالواجب أن نبين الطرق المستعملة فى انشا بارومتر حقيقى وفى تسهيل استعماله فنذكر البارومترات ذات الطست والبارومترات ذات المص فنقول

فى البارومترات ذات الطست

بند ٣٥ اذا اريد انشاء بارومتر لزم الحصول على فضاء تام فوق عمود الزيبق فان بقى هواء او غاز آخر فى الفضاء البارومترى فعمود الزيبق ينقص بواسطة قوة مرونته وحينئذ لا يقاس به ضغط الجو فلذا يجب أن يهتم ما امكن فى طرد كرات الهواء والرطوبات التى تلتصق دائماً بالجدران الداخلية للزجاجة وترتفع فوق الزيبق بسبب خفتها النوعية ويتوصل الى ذلك بغلى الزيبق فى الأنبوبة التى يلزم جعلها بارومتراً ولأجل عدم كسر الزجاجة تقسم العملية عادة الى ثلاثة اقسام فتملأ اولاً الأنبوبة تقريباً ثلث الزيبق الكافى لملئها ثم تمر هاعلى صهد الجمر ونصبر حتى يحصل الغلى فتصعد بذلك كرات الهواء الصغيرة واجزاء الماء على سطح المائع وتزول بالكلية بواسطة الغلى الطويل وبعد ان تبرد الانبوبة يصب فيها الثلث الثانى من الزيبق وتسخن كما فى الصورة الاولى ثم يصب فيها الجزء الثالث ومتى تم الغلى ولم تمتلئ الأنبوبة كملت من الزيبق المغلى ثم يوضع الاصبع على الطرف المفتوح وتوضع مقلوبة فى طست فيبقى الزيبق فى طول انبوبة البارومتر مقياساً يدل بالسهولة على الارتفاع الرأسى لعمود الزيبق ثم يقسم هذا المقياس الى سنتيمترات ومليمترات بجعل مبديه وهو الصفر محاذياً لتسوية الزيبق فى الطست وطرفه الأعلى ممتداً الى ٧٩ أو ٨٠ سنتيمتراً وحيث أن صفر المقياس ثابت كالطست لا يمكن ان يحاذى ذلك الصفر تسوية الزيبق فى جميع الضغوط لانه اذا زاد ضغط الجو مثلاً ارتفع الزيبق فى الانبوبة وانخفض فى الطست واذا نقص حصل العكس لكن اذا كان قطع الطست كبيراً جداً بالنسبة الى قطع الانبوبة صار تغير وضع التسوية بالنسبة للصفر غير محسوس فى التغيرات الخفيفة للضغوط وحينئذ يمكن عدم اعتبار الخطا وهذا ما يحصل فى البارمترات المعتادة ذات الطست

بند ٣٦ اذا احتاج الأمر لضبط التجاريب وجب اعتبار تغيرات التسوية فى الطست أو جعل الجهاز غير مرتبط به ويتوصل الى ذلك بما أحدثه المعلم فورتين من التصليح البديع وذلك ان المعلم فورتين جعل الزيبق فى بارومتيره (كما فى شكل ٢٠) على جلد غزال مثبت على جدران الطست الجانبية بحيث يمكن خفض الجلد ورفعه بواسطة برمة وبذلك يرجع الزيبق الى تسوية ثابتة يعلم فيها الصفر فحينئذ تعد التقاسيم بالابتداء من هذه التسوية ولأجل الضبط التام فى رصد التجاريب

يجعل فى الجزء الاعلى من الطست ساق من عاج يجعل طرفه الاسفل مماسا لمستوية الزيبق فيقابل الصفر ومقياس البارومتر مرسوم على انبوبة طويلة من النحاس محيطة به وحافظة له وفى الجزء الاعلى من الانبوبة ثقبان متقابلان مصنوعان بالطول وحيث ان مائع الزيبق منته بسطح محدب يجب لاجل ملاحظته ان يحدق الانسان بعينه الى مستو افقى مماس لهذا السطح بواسطة انبوبة اسطوانية تحرك حتى ان الاشعة النظرية تصير مماسة لاطرافها العليا ولطرف عمود الزيبق ايضا فتدل نقطة المقياس المقابلة لراسها على ارتفاع العمود وهذه الانبوبة مصحوبة عادة بآلة الورنية

شكل ٣٥

ثم ان بارومتر المعلم فورتين يستعمل غالبا فى الاسفار فاذا اريد نقله يرفع جلد الغزال الى ان يملأ الزيبق الانبوبة والجزء الاعلى من الطست لامكان قلب البارومتر وارتجاجه بعض ارتجاجات بدون ان تنكسر الانبوبة وبدون ان يدخل الهواء فى الفضاء ومع ذلك لا يمكن خروج الزيبق من الطست لانه مسدود بجلد الغزال او بجلد الاروى الذى لا يحتوى الا على مسام كافية لمرور الهواء ودخوله فى الطست المذكور

٣٦ وفى البارومتر ذو الطست الجيد خطآن ايضا احدهما خاص بالجذب الشعرى والثانى بالحرارة

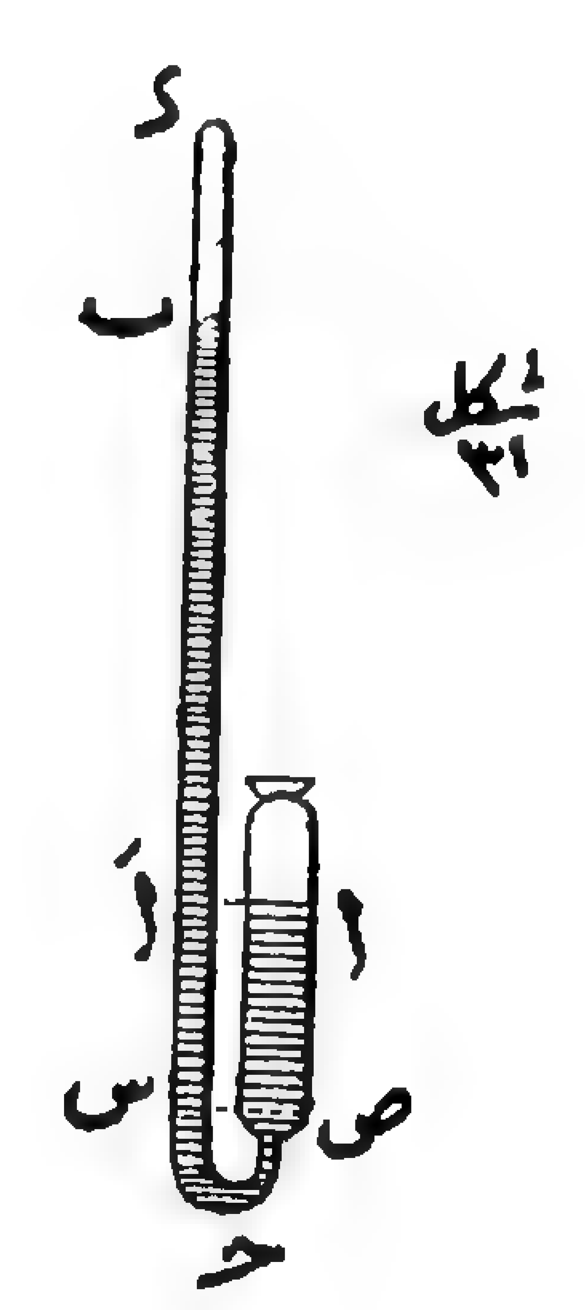
فاذا غمسنا انبوبة من الزجاج مفتوحة الطرفين فى حمام من الزيبق نجد ان ارتفاع هذا المائع فى الانبوبة اقل منه فى الخارج وكلما كان قطر الانبوبة رفيعا او شعريا كان الانخفاض زائدا وقدر هذا الانخفاض ٤,٤٥ مم فى الانبوبة التى قطرها ٣ مم و ٠,٥٤ مم فى الانبوبة التى قطرها ١٠ مم والانخفاض المذكور الذى ينشأ عن تأثير الزجاج فى الزيبق لابد وان يحصل ايضا فى الانابيب البارومترية ولاجل جبر خلله يلزم ان يضم الى الارتفاع البارومترى المشاهد الانخفاض الذى يحدث فى انبوبة من الزجاج قطرها كقطر الانبوبة الاصلية ومفتوحة الطرفين اذا كان سطح الزيبق فى البارومتر محدبا تحديبا جيدا فان كان مستويا او مقعرا فتأثير الجذب الشعرى ينعدم او يتجه فى جهة مضادة وعدم تحديب السطح ناشئ على رأى المعلم دولنغ من اوكسيد الزيبق الذى يتكون وقت الغلى ويذوب فى الجسم واما على رأى المعلم آوغدرو فعدم هذا التحديب ناشئ عن اجزاء الزيبق الصغيرة التى تدخل وقت الغلى فى مسام الانبوبة فتؤثر فى المائع كى ترفعه فى طول الانبوبة

ويحدث فى الزيبق بسبب تغير الحرارة كثيراو قليل من الكثافة ويؤخذ من هذا ان الضغط الواحد يمكن ان يكون له ارتفاعات مختلفة وأن الضغوط المختلفة يمكن ان يكون لها ارتفاعات متساوية فلاجل مقارنة الضغوط الجوية ببعضها يلزم ان تلاحظ الارتفاعات فى البارومتر وان يبحث بواسطة الحساب عما تؤول اليه تلك الارتفاعات فى كثافة واحدة من الزيبق او فى درجة واحدة من الحرارة والحرارة التى نحن بصددها هى درجة حرارة الجليد الذائب

الدرس السابع

فى البارومتر ذى الممص

٩٨ البارومتر ذو الممص مركب من انبوبة منحنية الطرف الأسفل كما فى (شكل ٢١) وشعبته الطويلة مسدودة والقصيرة مفتوحة وفى وضع هذه الآلة المعتاد يشغل الزيبق الجزء احب من الانبوبة واما الجزء ب د المفرغ تفريغا تاما فانه عبارة عن الفراغ البارومترى ففاصل التسويتين ا ب يقاس به الضغط الجوى لان العمودين اح و أح المتساويي الارتفاع يتعادلان ببعضهما وفى البارومتر ذى الممص المعتاد قطر الشعبة المفتوحة اكبر من قطر الشعبة المسدودة وتسوية الزيبق ثابتة تقريبا فى التغيرات الواهية للضغوط فتعلم هذه التسوية بصفر وتبتدأ التقاسيم من هذه النقطة الى ٧٩ أو ٨٠ سنتيمترا ومع ذلك ينتج من اثبات الصفر خطأ يشابه خطأ البارومتر ذى الطست المعتاد



ولا اعتداد بهذا الخطا بتعليم التقاسيم على كل من الشعبتين بالابتدا من خط افقى واحد س ص مثلا وبتقدير الضغط بواسطة فاصل ارتفاعى العمودين فى الانبوبتين

والغالب ان توضع حنفية من حديد فى الشعبة القصيرة فى نقطة كائنة تحت تسوية الزيبق والغرض من هذه الحنفية منع المائع عن الخروج من البارومتر متى اريد نقله ومنع الهواء عن الدخول فى الفراغ البارومترى واذا احتجنا لاخذ هذه الآلة فى السفر املنا الانبوبة بحيث تملى الشعبة

الطويلة من الزيبق ثم تسد الحنفية ولما كانت الحنفيات المتخذة من الحديد لا تمنع منعاً مطلقاً
التوصيل بين شعبتي البارومتر وجب دهنها دائماً بمادة دسمة ولما كان الزيبق ينسخ من هذه
المادة بسرعة كان هذا التصليح غير موافق بالكلية للغرض المطلوب

شكل ٣٤

بند ٣٩ فحينئذ يكون التصليح الذي احدثه المعلم غايلوساك في البارومتر
ذي المص اجود واحسن من سابقه في صحة دلالته وسهولة نقله
وذلك لانه مركب كما في (شكل ٣٤) من انبوبتين متساويتي القطر
متصلتين بواسطة انبوبة متينة جداً قطرها مليمتر واحد او مليمتران
وليست الشعبة القصيرة على امتداد الشعبة الطويلة بالكلية ونهايتها
العليا تزيد قليلاً عن النهاية السفلى للطويلة وذلك ليقع مركز ثقل
البارومتر على محور الشعبة الطويلة وتسد الشعبة القصيرة بمجرد ان يدخل الزيبق ولا يفتح
فيها الا ثقب واحد شعري على بعد سنتيمتر واحد او سنتيمترين من طرفها وهذا الثقب كاف
لدخول الهواء في الانبوبة ومنع الزيبق عن الخروج منها لما انه صغير جداً فاذا اردنا نقل
هذا البارومتر قلبناه بحيث تمتلئ الشعبة ح د من الزيبق ويصل الفاضل من هذا المائع الى
النقطة ه واذا اردنا استعماله اقمناه ولا نخشى دخول الهواء في الفراغ البارومتري لان
الهواء لما كان لا يمكنه ان يمر في الانبوبة الشعرية في وقت واحد مع الزيبق يرجع بمجرد نزول
هذا المائع والعادة ان يحاط البارومتر المذكور باسطوانة من النحاس فيها شقان ترسم
التقاسيم عليها وتقرأ هذه التقاسيم بتحريك انبوبة اسطوانية ذات ورنيه على طول اسطوانة
النحاس كما في بارومتر المعلم فورتين ولا نخشى من تأثير الانخفاض الشعري لان قطري الانبوبتين
متساويين فيتعادل فيهما التأثيران ويمكن بدء صفر التقاسيم من خط افقي مرسوم على الجزء الاسفل

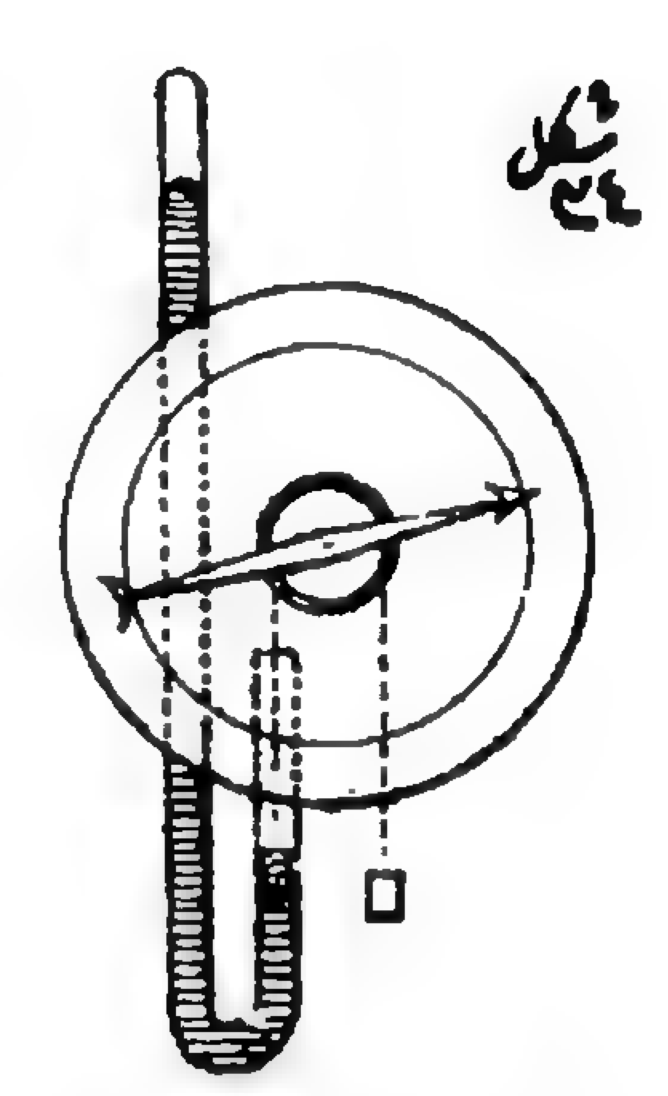
شكل ٣٥

من الآلة وحينئذ يقاس الضغط بواسطة فاضل ارتفاعي العمودين ويمكن
ان يجعل الصفر على نقطة ما كالنقطة م الكائنة فوق التسوية السفلى
ثم ترسم التقاسيم فوق هذه النقطة وتحتها فيساوي الضغط في هذه
الصورة حاصل جمع التقاسيم التي اولها الصفر وآخرها تسويتا الزيبق
في الانبوبتين

ومع وجود الجذب الشعري لانبوبة التوصيل صار الهواء يدخل احياناً

فى انواع البارومترى متى قلبت الآلة واوجبت ارتجاجات شديدة فلذلك تدارك المعلم بونتانت هذا العارض واخترع الشعبة د ر للبارومتر الذى لاحدى شعبتيه ء م اسفلها طويل رفيع كما فى (شكل ٤٣) والثانية هـ ر ملحومة بالاولى فاذا دخل الهواء فى الانبوبة الشعرية تبع جدرات الزجاجة وحصل حول الجزء الرفيع فلا ينشأ عنه بهذه المثابة اذ فى انخفاض فى عمود الزيبق ويمكن أن ينطرد بسهولة عند قلب الجهاز اذا احتيج الى ذلك

بند والغالب فى الاود والمقاعد استعمال البارومتر ذى الهيئة الساعية وهو كما فى (شكل ٤٤) بارومتر ذو محص شعبتاه متساويتان وذو ... وفيه عوامة صغيرة متخذة من حديد مستندة على



زيبق الانبوبة المفتوحة ومربوطة بخيط يدور على بكرة فى طرفه ثقل للموازنة فاذا نقص الضغط ارتفع الزيبق فى الانبوبة المفتوحة وبهذا تصعد العوامة فتتحرك البكرة حينئذ تحركا دوريا فتصل الحركة الناشئة عنها الى عقرب ثابت فى مركزها طرفه دائرة على مدار وجه مينة منقسم الى عدة اقسام فيدرج هذا البارومتر بواسطة بارومتر جيد يقارن به تدريجا بحيث ان العقرب لايرسم محيط دائرة تام فى التغيرات الزائدة والعادة ان لايبين ارتفاع عمود الزيبق البارومترى على وجه المينة المذكورة وانما يبين فقط احوال الجو الموافقة بالتخمين للضغوط المتنوعة فى المحال المختلفة ولا يستعمل هذا البارومتر ابدا فى التجاريب التى تستدعى ضبطا زائدا

بند ٧ والبارومتر الابتر يستعمل احيانا فى التجاريب الطبيعية وهو بارومتر ذو محص شعبتاه ٤١ ٧٦ سنتيمترا ولا يمكن بسبب هذا الارتفاع أن يقاس بالبارومتر المذكور الضغط الجوى وانما تقاس به الضغوط الضعيفة وهذا القياس يساوى فاضل ارتفاعى العمودين فى الشعبتين ويطلق على هذا البارومتر غالبا اسم المجاز

فى ... يجاوزه عادة ارتفاع عمود الزيبق (هامش)

فى التغيرات البارومترية

بند ٤٢ وقد يحصل للعمود البارومترى فى محل واحد تغيرات مستمرة بين حدود لا يتجاوزها ابدا وهذه التغيرات قليلة ومتوسط الأرصاد الجارية فى يوم هو واحد سواء كان الرصد من ثانية الى ثانية

او من دقيقة الى دقيقة او من ساعة الى ساعة فاذا احتيج ايضا الى ٤٩ رصدا فى اليوم للحصول على المتوسط الحقيقى فلا يمكن ان نديم هذا الشغل الشاق فتضطر الى ترك المتوسطات البارومترية وما اسعد هذا العلم بالمعلم رامند الراصد الماهر حيث استنتج من التجاريب الكثيرة ان الرصد الواحد الجارى وقت الزوال كان ينشأ عنه متوسط اليوم فى الاقاليم الافرنجية وحينئذ فالمتوسط المذكور سهل الحصول فاذا جمعنا متوسطات ايام الشهر وقسمناها على عدد الأيام تحصل لنا متوسط الشهر وبمثل هذه العملية يتحصل لنا متوسط السنة

وليست متوسطات جميع السنين واحدة بالضبط فى محل واحد بل متغيرة تغيرات واهية ففى مدينة باريس مثلا متوسط ١٤ سنة من الرصد هو ٧٥،٦ سنتيمترا مع أن متوسط النهاية الكبرى لتلك السنين كان ٧٥،٧٦ سنتيمترا فقط ومتوسط النهاية الصغرى كان ٧٥،٤١٦ سنتيمتر فلم يبلغ فاصل هذين المتوسطين المتطرفين ٤ مليمترات ونتيجة متوسطات الاماكن الاخرعين هذه النتيجة والمتوسط على تسوية البحر المحيط ٧٦ سنتيمترا

وقد يحصل للعمود البارومترى فى بعض الأحيان تغيرات شديدة فقد شوهد فى مدينة باريس فى سنة ١٨٢١ ميلادية انه نزل الى ٧٠ سنتيمترا وارتفع فى السنة المذكورة الى ٧٨ سنتيمترا ولم يحصل فرق عظيم جدا مثل هذا الفرق الا فى النادر والعادة أن يصعد البارومتر فى الاقاليم الافرنجية فى اوقات اليبوسة وينخفض فى أوقات الرطوبة والرياح العاصفة واما فى اقطار خط الاستواء فانه لا يتغير فيها بتأثير الزوابع الشديدة عليه بل يبقى ثابتا ولم يعرف سبب هذه الحوادث الى الآن

وقد يحصل للبارومتر فى جميع اماكن الكرة تغيرات منتظمة دورية تسمى فى الغالب بالتغيرات الساعية وهى سهلة الرصد تحت خط الاستواء حيث انها وحدها سبب فى تغيرات البارومتر ويصعب رصدها صعوبة عظيمة فى الاقاليم الافرنجية لما انه يصحبها تغيرات أخر وقد حقق المعلم هومبلد ان البارومتر يصل فى كل يوم بالقرب من خط الاستواء الى نهايتين صغيرتين فينزل من ابتداء الساعة التاسعة من النهار الى الساعة الرابعة من الليل (والمعتبر هنا فى الساعات والاوقات انما هو ساعات الافرنج واوقاتهم فيبتدئ النهار عندهم من نصف الليل والليل من الزوال) ثم يصعد الى الساعة الحادية عشر من الليل وينزل ثانيا الى الساعة الرابعة من نصف النهار وهذه التغيرات الساعية ذات انتظام تام ولا يتغيرا وز

مقدارها مليمترين واما المعلم رامُند فانه اثبت ان ساعات النهايتين الكبيرتين وساعات النهايتين الصغيرتين تتغير في بلاد فرانسا بتغير الفصول ففي الشتا تحصل احدى النهايتين الكبيرتين في الساعة التاسعة من النهار والثانية في الساعة التاسعة من الليل وتحصل احدى النهايتين الصغيرتين في الساعة الثالثة بعد الزوال وفي الصيف تحصل احدى النهايتين الكبيرتين قبل الساعة الثامنة من النهار والثانية في الساعة الحادية عشر من الليل وتحصل احدى النهايتين الصغيرتين في الساعة الرابعة من الزوال واما في الفصلين الآخرين فساعات النهايتين الكبيرتين والنهايتين الصغيرتين متوسطة بين الساعات التي ذكرناها ولا يمكن تعيين التغيرات البارومترية مع الضبط الا بارصاد كثيرة ومناقشة النتايج بوجه مضبوط وكل من اشتغل بتجاريب هذا الجنس يرصد البارومتر على العموم اربع مرات في كل يوم فيرصده في الساعة التاسعة من النهار وعند الزوال وفي الساعة الثالثة والتاسعة من الليل

في قياس ضغط الهوآء بالجرامات

ينبغي اذا علم ارتفاع البارومتر في محل سهل تقدير ضغط الهوآء في هذا المحل على سطح أُفقي ولا شك ان هذا الضغط يساوي ثقل عمود رأسي من الزيبق قاعدته هذا السطح وارتفاعه ارتفاع الزيبق في البارومتر أو عمود من المآء ارتفاعه قدر ارتفاع عمود الزيبق ١٣,٥٩ مرة ويكون ارتفاع الزيبق المتوسط فوق تسوية البحور ٧٦ سنتيمترا من الزيبق او ١٠٣٣ سنتيمترا من المآء فاذا ساوت القاعدة المضغوطة سنتيمترا مربعا فالضغط يساوي ١٠٣٣ جراما واذا ساوت ١٠ أو ٢٠ أو ٣٠ وهلم جرا سنتيمترا مربعا فالضغط يكون اكبر من ذلك بقدر ١٠ أو ٢٠ أو ٣٠ وهلم جرا

ولا يقع ضغط الهوآء على السطوح الافقية فقط ولا من اعلى الى اسفل كذلك بل يقع على جميع السطوح وفي جميع الاتجاهات ومع ذلك فقدره غير مرتبط بوضع السطح المضغوط فاذا رفعنا من طست الطرف الأسفل لبارومتر شعري بقي الزيبق معلقا فيه بواسطة ضغط واقع من اسفل الى اعلى وذلك يدل على الضغط المذكور ويكون الأمر كذلك اذا كان طرف الانبوبة الأسفل منحنيا انحنآء أفقيا او في اتجاه آخر ولابد من استعمال الانابيب الشعرية في تلك التجاريب

اذ بدونها ينفتح الهوآء ممرًّا فى وسط الزيبق عند رفعها من الطست ويرتفع الى رأس العمود فيسقط الزيبق جميعه ويتوصل الى تلك النتائج بواسطة انبوبة ممتلئة من المآء ويمكن ايضًا بواسطة هذا المائع اخذ انبوبة يكون قطرها كبيرًا جدًّا بشرط انه يوضع على فمها قبل قلبها قرص من الورق فيمنع الهوآء عن تقسيم العمود

وبنآء على هذه التجاريب يسهل تقدير الضغط الجوى على جسم الانسان فاذا اعتبرنا انسانًا متوسط القامة مثلاً فسطحه يمكن ان يبلغ ١٢٠٠٠ سنتيمترمربع وحينئذٍ يبلغ الضغط الواقع عليه ١٢٠٠٠ فى ١٠٣٣ جرامًا أو ١٢٤٠٠ كيلوجرامًا تقريبًا (والكيلوجرام الواحد يبلغ اقه مصريه) تقريبًا وهذا الضغط عظيم جدًّا وسبب عدم الاحساس بتأثيره تكافؤ موازنته لقوة مرونة هو الجسم البشرى

فى قياس الارتفاعات
بواسطة البارومتر

٤٤ بند من المعلوم ان كثافة الزيبق قدر كثافة المآء ١٣٫٥٩ مرة وان كثافة المآء قدر كثافة الهوآء ٧٧٠ مرة فيكون كثافة الزيبق قدر كثافة الهوآء ١٣٫٥٩ × ٧٧٠ اى ١٠٤٦٤ مرة فحينئذٍ اذا كان ضغط عمود الهوآء قدر ضغط عمود الزيبق لزم أن يكون ارتفاعه قدر ارتفاع عمود الزيبق ١٠٤٦٤ مرة فاذا صعدنا فوق محل مرتفع فيه العمود البارومترى ينخفض بقدر مليمتر واحد فطبقة الهوآء الكائنة بين المحلين يصير ارتفاعها ١٠٤٦٤ مم أى ١٠٫٤٦٤ م واذا صعدنا فوق محل فيه العمود البارومترى ينخفض بقدر ١٥ مم أو ٢٠ مم فارتفاع الهوآء او المحل المعتبر يكون ١٠٫٤٦٤ م × ١٥ أو ١٠٫٤٦٤ م × ٢٠ فحينئذٍ لاجل ايجاد ارتفاع محل نقدر فاضل ارتفاعى البارومتر فوق المحل المذكور وفى اسفله بالمليمترات ثم نضرب ١٠٫٤٦٤ م فى العدد الدال على هذا الفاضل لكن هذا الحساب غير صحيح لانه مفروض فيه أن الجو متحد الكثافة فى سائر طبقاته مع انه ليس كذلك فى الارتفاعات الكبيرة جدًّا فاذا فرضنا ان الارتفاعات التى يراد قياسها كبيرة جدًّا كان الخطأ عظيمًا اذ لا يكون ارتفاع الجو مثلاً ١٠٫٤٦٤ م × ٧٦٠ أى ٧٩٥٤ مترًا وهذا اقل من فرسخين وارتفاع الجو اكبر من هذا بالضرورة

واذا طبقنا القواعد الحسابية على جميع الاحوال التى لها مدخل فى الارتفاعات البارومترية صار قانون ارتباط البعد الرأسى لمحلين بارتفاعى البارومتر فى هذين المحلين صعبًا ويسهل

هذا القانون فى صورة ما اذا فرض ان العرض ٤٥ْ وأن فرق ارتفاعهما يمكن تركه بالنسبة الى نصف القطر الارضى فيصير القانون المذكور هكذا

$$\text{ب} = ١٨٣٩٣ \left(١ + \frac{٢ (\text{ح} + \text{حَ})}{١٠٠٠} \right) \text{لوغا} \frac{\text{ر}}{\text{رَ}}$$

بجعل ب رمزا للبعد الكائن بين المحلين الجارى فيهما الرصد و رَ و ر لارتفاعى البارومتر فى الوضع الاسفل وفى الوضع الاعلى و ح و حَ لدرجتى حرارة الهوآء فى الوضعين واعتبار درجتى الحرارة المذكورتين بالمقياس المائينى وقد تكون علامتهما موجبة او سالبة بحسب كونهما فوق الصفر أو تحته ولابد من تحويل كل من ارتفاعى ح و حَ بواسطة الحساب الى ارتفاعه فى درجة حرارة واحدة وان يكون رصدهما فى ساعة واحدة لكيلا يرتبطا بالتغيرات الساعية او العارضية فحينئذ تحتاج العملية الى راصدين وبارومترين وقد يتوصل الراصد الواحد الى نتايج صحيحة اذا اهتم بتنويع التجاريب واخذ متوسطا منها ومتى علم المتوسطات البارومترى والترمومترى لمحلين علم بواسطة القانون البعد الرأسى لهذين المحلين

ولاجل معرفة ارتفاع الجو فوق تسوية البحور من القانون البارومترى يكفى أن يبحث عن ارتفاع طبقة الهوآء التى يقع عليها ضغط يكاد ان يكون غير محسوس كان يكون الضغط مليمترا واحدا فاذا فرض حينئذ ان رَ = ٧٦٠ مم و ر = ١ مم و ح + حَ = ٠ كان ب = ٥٢٩٨٠ مٌ وهو ارتفاع الجو وهذا الارتفاع يعادل تقريبا ١٣،٥ فرسخا من الفراسخ البرية وهو يزيد زيادة قليلة لان كمية ح + حَ التى فرضناها تساوى صفرا لابد وان تكون سالبة بسبب برودة الطبقات المرتفعة من الجو

الدرس الثامن

فى الضغوط الناشئة عن مرونة الغازات

فى قاعدة المعلم مريوت

يتغير ضغط جسم من الهوآء الناشئ من مرونته يتعلق بالحيز الذى يشغله فيزداد بنقص الحيز وينقص بازدياده وقد استكشف المعلم مريوت فى بلاد فرانسا والمعلم بويله فى انكلترة الارتباط الموجود

بين

بين الضغوط والاحياز تقريباً فى وقت واحد فعرف كل منهما أن الاحياز المشغولة بجسم واحد من الهوآء تكون متناسبة مع الضغوط الواقعة عليها تناسبها عكساً

واثبات هذه القاعدة يكون باستعمال انبوبة س ب ح كما فى (شكل ٣٥) منحنية على صورة المحص وشعبتها القصيرة مسدودة والطويلة مفتوحة اما الشعبة الأولى فهى منقسمة الى اجزآء متساوية السعة واما الشعبة الثانية فهى منقسمة الى اجزآء متساوية الارتفاع وصفر التقاسيم يحاذى الخط الافقى ا ب فيصب الزيبق فى الجهاز الى ان يرتفع فى الانبوبتين عن الصفر ويسهل تحصيل هذا الارتفاع باخراج قليل من هوآء الشعبة المقفولة فينتج لنا بهذه المثابة جسم منعزل لحيزه ب ح معلوم بواسطة تقاسيم الانبوبة وضغطه يساوى ضغط الجو فاذا صبّ الزيبق فى الشعبة المفتوحة الى ان يصير فاصل التسويتين ه س مساوياً لارتفاع البارومتر فلا يشغل الهوآء الا الحيز ح د المساوى لنصف الحيز الأصلى وحينئذ فالحيز المذكور يقع عليه ضغطان كل منهما يساوى الجو احدهما ناشئ عن عمود الزيبق ه س والثانى عن نفس الجو الذى يضغط على هذا المائع فى نقطة س وعليه فيؤول حيز الهوآء الى النصف اذا وقع عليه ضغط ضعف الضغط الواقع عليه فى ابتداء الامر ويؤول الى الثلث اذا وقع عليه ضغط ثلاثة امثال ذلك الضغط اعنى اذا كان ارتفاع الزيبق فوق التسوية فى الشعبة المسدودة مساوياً لارتفاع البارومتر مكرراً مرتين

ولم يتجاوز كل من المعلم بويت والمعلم بوتيله فى تجاريبه ثلاثة اجوبة او اربعة بخلاف المعلم دولنغ والمعلم ارغو فانهما حققا سنة ١٨٢٩ صحة القاعدة بتجربة وصلوا فيها الى ٢٧ جوّا والواجب علينا ان نذكر هنا صورة الجهاز الذى استعملاه فنقول

انه كما فى (شكل ٣٦) عبارة عن آنية ا ب ح د من الحديد الزهر مصحوبة بثلاث انابيب صغيرة احداها ا م ملحوم بها انبوبة من زجاج مسدودة الطرف الأعلى ومعدة لان يوضع فيها الغاز اللازم للتجربة وتسمى بالمانومتر أى مقياس تخلخل الغازات والثانية ب ه موصلة بانبوبة راسية مفتوحة الطرف الأعلى ومعدة لان تحتوى

على الزيبق الذى يحصل منه الضغط والثالثة س ص يدخل فيها بالاختيار طلمبة ذات مايع او غاز وطول انبوبة تخلخل الغازات فى التجربة ٩٫٧٠ م وقطرها ٥ مم و ٥ مم وهى مدرجة تدريجًا مضبوطًا وفى الجهاز المذكور مسطرتان رأسيتان من النحاس الاصفر تشتمل احداهما على تقاسيم الأنبوبة وترتفع بطول جدرانها وهاتان المسطرتان مجتمعتان فى الطرف الأعلى بعارضة من ماد تهما ومنفعتهما تثبيت الانبوبة والدلالة على حجم الغاز ويحيط بمقياس تخلخل الغازات وبالمسطرتين غمد من الزجاج يمر به تيار من الماء ذو درجة واحدة من الحرارة

وعلو الأنبوبة الرأسية ٢٦ مترا وهى مركبة من ١٤ انبوبة من البلور طول كل واحدة منها متران وسمكها وقطرها عين سمك مقياس تخلخل الغازات وقطره وتلك الأنابيب مجتمعة باطواق متينة جدًا فوضعوا الانابيب المذكورة مع التمكين على شجرة الراتنج الكائنة بالبرج الذى اجريت فيه التجربة من بعد الى آخر مع التمكين ووضعوا ايضًا على هذه الشجرة فى كل حلقة بكرتين ى ، ى' يمر عليهما حبلان مربوط احد طرفى كل منهما فى الحلقة المحاذية لها وفى الطرف الآخر من كل منهما صحون صغيرة من الصفيح الأبيض يوضع فيها حبوب رزينة من الرصاص كافية لموازنة ثقل الحلقة والأنبوبة تقريبًا والغرض من هذا الوضع تخفيف الثقل الواقع من الانابيب على الانابيب السفلى

فاذا كان الهوآء يابسًا جدًا فى مقياس تخلخل الغازات وجعلنا زيبقًا فى آنية حديد الزهر فحيز الهوآء يعلم بواسطة تقاسيم الأنبوبة وتقاسم مرونته بواسطة ارتفاع البارومتر وقت التجربة مضافًا اليه فاضل تسويتى الزيبق فى الأنبوبة الرأسية وفى انبوبة مقياس تخلخل الغازات فاذا كبسنا الهوآء او الماء الكائن فى آنية حديد الزهر ارتفع الزيبق فى مقياس تخلخل الغازات وفى الانبوبة المفتوحة وحيث كان يمكن فى كل لحظة قياس حيز الهوآء والضغط الواقع عليه فلا صعوبة فى تحقيق صحة القانون

ثم ان قانون المعلم مريوت يدل على الضغوط التى تتجاوز ضغط الجو وقد اثبت المعلم المذكور ذلك مع الايضاح التام كما يدل ايضًا على الضغوط التى تكون اقل منه وذلك انه استعمل الأنبوبة ا ب كما فى (شكل ٣٧) المقسومة الى اجزآء متساوية السعة وادخل فيها ثلث حيزها تقريبًا من الزيبق لطرد جزء من الهوآء ثم غمسها فى طست عميق ممتلئ من هذا المائع وغطسها الى أن وقف الزيبق فيها على التسوية الخارجية وهذا انما يتأتى اذا كان الهوآء الداخلى

منقادًا

شكل ٢٧

منعا ذا الضغط الجو فبمجرد رفع الانبوبة ينتشر الهواء ويرتفع الزيبق ويعلم حيز الهواء بواسطة تقاسيم الانبوبة ويقاس الضغط بطرح ارتفاع الزيبق المرتفع من الارتفاع البارومترى وبمقارنة جملة احياز وجملة ضغوط ببعضها يحكم على صحة القانون

مسائل

بند ٤٦ يؤخذ من قانون المعلم مريوت طريقة لحل مسألتين الاولى اذا شغل جسم من الهواء حيزا كالحيز ح تحت ضغط كالضغط س فما يكون الحيز حَ الذى يشغله هذا الجسم تحت ضغط آخر كالضغط سَ فالجواب أن يقال حيث ان الحيزين ح وحَ متناسبان عكسا مع الضغطين سَ وس يكون حَ : ح :: س : سَ ومن هنا ينتج أن حَ = ح س / سَ فقد تحصل الحيز المطلوب بضرب الحيز الأصلى فى الضغط الواقع عليه ثم بقسمة الحاصل على الضغط الحادث

المسألة الثانية اذا شغل جسم من الهواء حيزا كالحيز ح تحت ضغط كالضغط س فما يكون مقدار الضغط سَ الذى يلزم ايقاعه عليه لتصييره فى الحيز حَ فالجواب أنه ينتج لنا بمقتضى القانون المذكور أن سَ : س :: ح : حَ ويؤخذ منه أن سَ = ح س / حَ فقد تحصل مقدار الضغط بضرب الضغط الأصلى للهواء فى حيزه ثم قسمة الحاصل على الحيز الجديد ويكثر وقوع هاتين المسألتين فى تجاريب كل من علم الطبيعه والكيميا

فى الارتباط الكائن بين كثافة الهواء وضغطه

بند ٤٧ كثافة الهواء بمقتضى قانون المعلم مريوت متناسبة مع الضغط الواقع عليها فاذا أوقع على هذا الغاز ضغط ضعف الضغط المعتاد نقص حيزه مرتين وحيث انه يحتوى على مادة ضعف المادة التى كان يحتوى عليها بالنسبة الى وحدة الحيز يصير كثافته ضعف ما كانت عليه وثلاثة امثالها كانت عليه اذا صار الضغط ثلاثة امثال ما كان عليه فى مبدأ الأمر وأربعة امثال ما كانت عليه اذا صار الضغط اربعة امثال ما كان عليه ومن هنا تنتج طريقة

معرفة كثافة الهواء تحت أي ضغط كان متى عرفت كثافته تحت ضغط معين
ويؤخذ مما ذكر نتيجة أخرى هي أن ثقل الجزء الواحد من الهواء المتعادين للضغطين يكونان متناسبين
مع الضغطين فحينئذ اذا اريد معرفة ثقل لتر واحد من هواء يابس تحت ضغط ٧٤ بعد معرفة
ان اللتر الواحد يزن ١٫٣ جرام تحت ضغط ٧٦ تعمل التناسبة ٧٦ : ٧٤ :: ١٫٣ جرام : س
ومنها يعرف أن س = $\frac{٧٤ \times ١٫٣}{٧٦}$

في قياس ضغوط الغازات المحصورة في ظرف واحد

بند ٤٨ الغالب استعمال قانون المعلم ماريوت في قياس ضغوط الغازات وقد سميت الآلات المستعملة لهذا الغرض باسم مانومترات اي مقاييس تخلخل الغازات والمانومتر المستعمل غالبا في الضغوط الشديدة مركب كما في (شكل ٣٨) من انبوبة ا ب مزدوجة الانحناء مسدودة في نقطة ا ومفتوحة في نقطة ب وفيها هواء في الجزء ا ح وزيبق في الجزء ح د ه فيرتفع هذا المائع الى تسوية واحدة في طرفي الانبوبة اذا كان هواء المانومتر منقادا الى الضغط الجوي ثم يوصل الغاز الذي يراد معرفة مرونته بالطرف المفتوح ليدخل في المانومتر ويرصد فاصل تسوية الزيبق في الشعبتين فيحصل لنا الضغط بضم هذا الفاصل الى ضغط هواء المانومتر المحسوب بموجب حيزه

شكل ٣٨

والغالب ان تقاس ضغوط الغازات ايضا بواسطة صمامة الامن وهي كما في (شكل ٣٩) عبارة عن سدادة مخروطية تسد ثقبا على مقدارها مصنوعا في مستودع الغاز فيفتح الصمام المذكور بمجرد ان تزيد مرونة هذا الغاز عن قوة الضغط الواقعة عليها من الخارج الى الداخل فاذا فرضنا ان مقدار هذه القوة ٦٢٠ كيلو جراما وان قدر امتداد السطح المضغوط ٢٠ سنتيمترا مربعا فكل سنتيمتر مربع يقع عليه ضغط قدره ٣١ كيلو جراما أو ٣٠ جوا تقريبا وهذا هو مقدار مرونة الغاز

شكل ٣٩

التي

التى تؤول اليه فى الوقت الذى يفتح فيه الصمام ثم تقاس الضغوط الواقعة من الموائع على جدران الاوانى بواسطة صمام الأمن ايضا ويستعمل الصمام المذكور فى تجربة انابيب التوصيل واسطوانات الات البخار

فى انمياع الغازات

ثم ان الغازات الثلاثة البسيطة التى هى الاوكسيجين والايدروجين والأزوت تجرى على قانون المعلم مريوت فى تغيرات حيزها بمعنى ان حجم أى غاز منها يناسب عكس الضغط الواقع عليه قل أو كثر واما غاز الكلور واكثر الغازات المركبة فانما تجرى على هذه القاعدة ايضا فى حالة التمدد والانتشار أى فى حالة نقص الضغط الواقع عليها واما فى حالة زيادة الضغط فانما تجرى على القاعدة المذكورة مادام الضغط الواقع عليها اقل مما يكفى لتغيير حالتها وكلما قربت من الاستحالة الى الميوعة كلما بعدت عن جريها على هذه القاعدة

ثم ان التجاريب الأولى المتعلقة بانمياع الغازات منسوبة للمعلم فردى وجهازه الذى كان يستعمله لذلك عبارة عن انبوبة متينة من الزجاج منحنية على صورة المحص وطرف شعبتها الطويلة مسدود وطرف القصيرة مفتوح فادخل فى الطرف ا كما فى (شكل ٤) الجواهر المعدة لحدوث الغاز مهتما بخلطها ببعضها اذا كان تفاعلها انما يحصل بواسطة الحرارة وبفصلها عن بعضها بصفائح من البلاتين اذا كان تفاعلها انما يحصل بواسطة البرودة ثم سد الطرف ب ووصل الجوهر اليه بقلب الانبوبة مرة بعد اخرى قلبا مناسبا فحين تكون الغاز ضغطت اجزاؤه على بعضها بقوة متزايدة لانه لا يمكنه ان يخرج مما هو فيه وآل أمره الى أن انماع تحدد الضغط الذى يحصل به الانمياع بواسطة المانومتر الصغير م ن وهو انبوبة شعرية مستقيمة أحد طرفيها مفتوح وفيها كرة صغيرة من الزئبق موجودة فى الجزء ح وهذه الكرة معدة لبيان تغيرات حيز الهواء ن ح والضغوط الواقعة عليه وقد شوهد ان الانمياع تزيد سرعته بغمر الطرف الأسفل من هذه الشعبة فى مخلوط مبرد

جدول ايماع الغازات

اسما الغازات	الضغوط الجويه	درجة الحرارة	الضغوط الجويه	درجة الحرارة
كلور	٤	١٥		
حمض كلوردريك	٢٠	١٦ −	٤٠	٨
حمض سولفودريك	١٤	١٦ −	١٧	٨
حمض سولفوروز	٢	٧		
حمض كربونيك	٢٠	١١ −	٣٦	٠
بروتكسيد الأزوت	٤٤	٠	٥١	٧
نوشادر	٥	٠	٦	١٠
سيانوجين	٢	٧		

ويجب تقوية جدران الجهاز خوفاً مما يقع عليها من الضغط الشديد الناشئ عن الغازات ومع ذلك فلا بد من الاهتمامات الزائدة في منع الفرقعة التي يمكن وقوعها ولا يقال ان المائع يستحيل بسرعة الى الحالة الغازية بمجرد منع الضغط عنه بفتح احدى شعبتي المص مثلاً

في مخلوط الغازات

بند اذا وضع غازان مختلفا الكثافة أو أكثر كذلك في ظرف واحد فلا تصطف فوق بعضها بترتيب الكثافات كالموائع بل تختلط ببعضها بعد مضي مدة من الزمن بحيث ان كل جزء من الجسم الكلي يحتوي على مقادير واحدة من كل منها وهذه القاعدة تنسب للمعلم برتوليت فانه ملأ القبة ا من الايدروجين تحت ضغط معتاد وملأ القبة ب كما في (شكل ٤١) من حمض الكربونيك تحت الضغط المذكور ثم ركب القبة الأولى على الثانية بواسطة برمة ووضع الجهاز في مطمورة ذات حرارة ثابتة وفتح حنفية التوصيل بعد ان صارت درجة حرارة القبتين عين درجة حرارة المطمورة لها

شكل ٤١

ا

ب

فوجد بعد ان بقى الجهاز ثابتاً ثبوتاً تاماً مدة من الزمن ان كل قبة كانت تحتوى على النصف من الايدروجين وعلى النصف من حمض الكربونيك وهذه التجربة صالحة لجميع الغازات مهما كانت كثافتها النسبية ولم يوجد فرق الا فى السرعة التى يتم بها مجانسة المخلوط وكلما كانت كثافات الغازات مختلفة كانت سرعة الامتزاج زائدة بحيث أن مخلوط الغازات يتخلل بسرعة مسام الاجزاء

اذا تقرر هذا فالمناسب أن نذكر هنا بعض قواعد تتعلق بقوى انتشار مخلوط الغازات التى لم تؤثر فى بعضها تأثيراً كيماوياً فنقول

اولاً اذا وضعنا عدة غازات فى ظرف واحد فانتشار المخلوط يساوى حاصل جمع قوى انتشار الاصول كل على حدته اذا ملأ الظرف بمقتضى قاعدة المعلم مريوت ولاجل تحقيق هذه القاعدة استعملوا عدة مخابير مدرجة كالمخابير ا و ب , ح كما فى (شكل ٤٩) فادخلوا فى المخبار ب حجماً من الغاز حجمه ح تحت الضغط س وفى المخبار ح حجماً من غاز آخر حجمه حَ تحت الضغط سَ ثم امرّوا هذين الغازين تحت المخبار ا الممتلئ من الزيبق من اول الامر فاذا جعلنا ع رمزاً لحجم المخلوط , س رمزاً للضغط وحسبنا بمقتضى قاعدة المعلم مريوت ضغط الغازين اللذين آلا الى الحجم ع وجدنا أن حاصل جمع $\frac{\text{ح س}}{\text{ع}} + \frac{\text{حَ سَ}}{\text{ع}}$ يساوى الضغط س الذى قيس بمجرد التجربة

شكل ٤٩

وثانياً اذا وضعنا عدة غازات منقادة لضغط معتاد فى آنية ذات جدر انمرنة فحجم المخلوط الذى يرجع الى الضغط المذكور يساوى حاصل جمع حجوم الاصول وهذه القاعدة ناتجة من القاعدة الاولى فاذا جعلنا ع , ح , حَ رموزاً للحجوم المخلوط والأصول وجعلنا س رمزاً للضغط المشترك وجدنا أن $\text{س} = \frac{\text{ح س}}{\text{ع}} + \frac{\text{حَ س}}{\text{ع}}$ ومن هنا ينتج أن

$$\text{ع} = \text{ح} + \text{حَ}$$

وثالثاً مخلوط عدة غازات تابع لقاعدة المعلم مريوت كما أن كلاً من اصوله تابع لها وعليه فالهواء الذى هو عبارة عن مخلوط مركب من الاوكسيجين والأزوت تابع للقاعدة المذكوره كما أن كلاً من الغازين اللذين يتركب منهما تابع ايضاً لها

الدرس التاسع

في الآلات المؤسسة على خواص الهواء

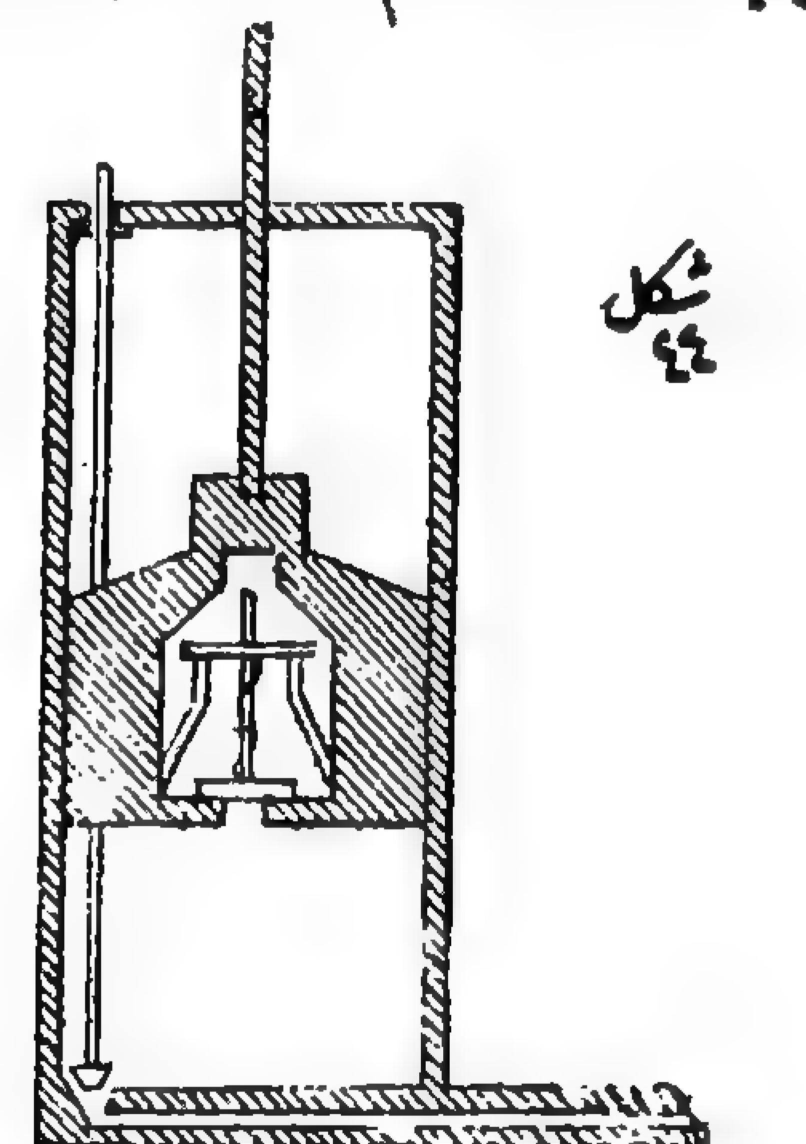
في الآلة المفرغة

بند ٥١ تستعمل الآلة المفرغة لاخراج الهواء من حيز معلوم وهي مركبة بالنظر الى اجزائها الأولية اولاً من اسطوانة ا ب كما في (شكل ٤٣) متخذة من النحاس الأصفر او من الزجاج ونسمي هذه الاسطوانة بجسم الطلمبة وفيها مكبس يتحرك مع الاحتكاك وثانياً من الأنبوبة ح د ه المسماة بانبوبة التنفيس او قناة التوصيل التي اولها قاع جسم الطلمبة وآخرها وسط قرص من الزجاج ر س يسمى سطح الآلة المفرغة وتوضع النواقيس التي يراد تفريغها فوق هذا القرص فاذا اريد تفريغ قبة ذات حنفية من الهواء لزم برم تلك الحنفية على الخطوات البرغية المصنوعة في منفذ الأنبوبة ح د ه وفي الآلة المذكورة صمامان ص وَصَ سهلا التحرك ينفتحان من اسفل الى اعلى احدهما مصنوع في المكبس والثاني في مفصل جسم الطلمبة بأنبوبة التنفيس وهما مغلوقان بسبب ثقلهما لكنهما ينفتحان اذا كان الضغط على سطحيهما الأسفلين اكثر من الضغط على الاعلويين وكيفية حركة الجهاز أن ينزل المكبس فتزيد مرونة الهواء الداخلي بسبب نقص حجمه فيضغط حينئذ على الصمام صَ بقوة زائدة عن الهواء الأعلى فيفتحه ثم يمر فوق المكبس فينزل حينئذ المكبس المذكور بلا مقاومة الى قاع جسم الطلمبة واذا رُفع هذا المكبس فصمامه ينغلق بواسطة ضغط الهواء الخارجي بحيث ان المكبس يعمل فراغاً تحته فاذن ينفتح الصمام ص بواسطة مرونة هواء الناقوس ويدخل هذا الهواء في جسم الطلمبة الى ان يتوازن بالهواء الذي يبقى في المستودع ولابد ان ينغلق الصمام ص وقتئذ واذا انخفض المكبس ثانياً انضغط هواء جسم الطلمبة شيئاً فشيئاً وزادت مرونته ووصل الى قوة الهواء الخارجي ثم تجاوزها وفتح الصمام صَ وهكذا يحصل فيشاهد انه بخفض المكبس يخرج هواء جسم الطلمبة وبرفعه يمتلئ جسم الطلمبة من هواء الناقوس فبهذه المثابة ينتشر الهواء المذكور

شيأ فشيأ

وكيات الهواء المستخرجة في كل مرة تتناقص من نزول المكبس بسبب تمدد هذا الغاز وانتشاره ولمعرفة قاعدة التناقص نفرض ان حيز جسم الطلنبة خمس حيز الناقوس (ومن جملته انبوبة التوصيل) والاحسن أن يرمز الى الحيز الأول بواحد والى الثانى بخمسة فاذا رفعنا المكبس في أول مرة انتشر هواء الحيز ٥ وشغل حينئذ ٦ واذا انزلناه خرج هواء جسم الطلنبة أى سدس الهواء الكلى واذا انزلناه مرة ثانية خرج سدس الباقى واذا انزلناه ثالثة خرج ايضا سدس باقى الباقى وهلم جرا وعليه فيكون من كيات الهواء المستخرجة في كل مرة من نزول المكبس متوالية هندسية تنازلية ويؤخذ من هذا نتيجة هى انه لابد في التفريغ التام من عدد لانهاية له من مرات نزول المكبس أى أن التفريغ بالكلية غير ممكن

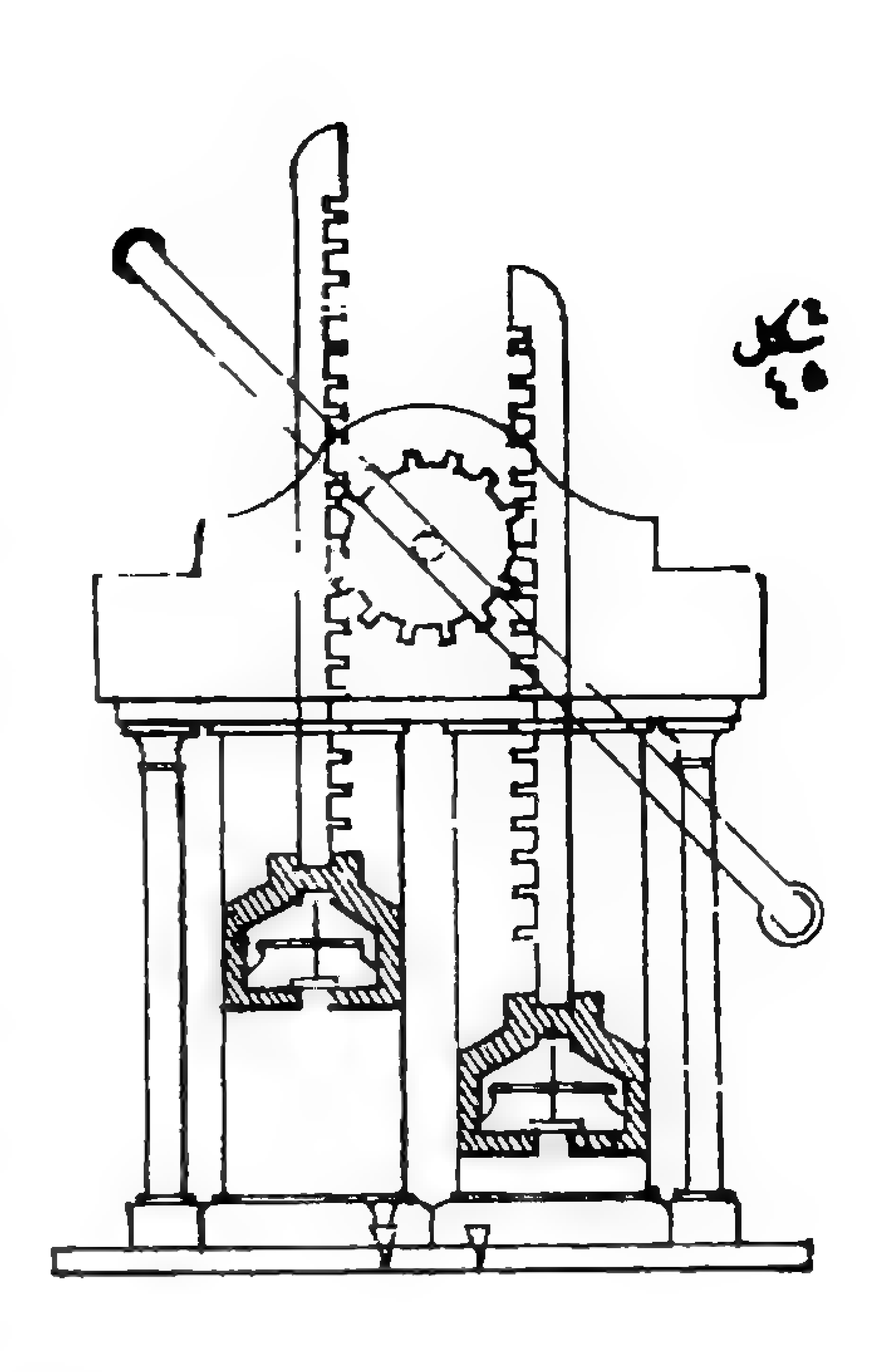
وليست الآلة التى ذكرناها تامة ولا سهلة وذلك أن صمام جسم الطلنبة يستند على قوة لفتحه فبمجرد أن تؤول مرونة هواء الناقوس الى هذه القوة بواسطة تشغيل المكبس لا يرتفع الصمام ويمتنع الهواء عن الخروج واما الآت هذا العصر فانها مجردة عن هذا العيب لان الصمام الأسفل فيها مكون كما في (شكل ٤٤) من مخروط مغشى بجلد اذا وضع على تجويفة شكلها كشكله غلقها غلقا محكما وهذا الصمام مثبت على ساق يمر في المكبس مع الاحتكاك وبالقرب من طرفه الأعلى انتفاخ قليل فاذا صار المكبس في اسفل مجراه انغلق الثقب واذا ارتفع ارتفع الصمام اولا عن الثقب بقدر مليمتر واحد او مليمترين ثم وقف بسبب انتفاخ الساق واذا نزل المكبس مع الاحتكاك الى اعلى جسم الطلنبة فاذا نزل بعد ذلك نزولا قليلا جذب الساق معه وانغلق الثقب وصمام



شكل ٤٤

المكبس مخروطى ايضا وحول ساق مزنبلك ملتف يضغط عليه من جهة التجويفة ويحمله على سدها بمجرد أن لا يتوازن الضغط الداخلى بالضغط الجوى

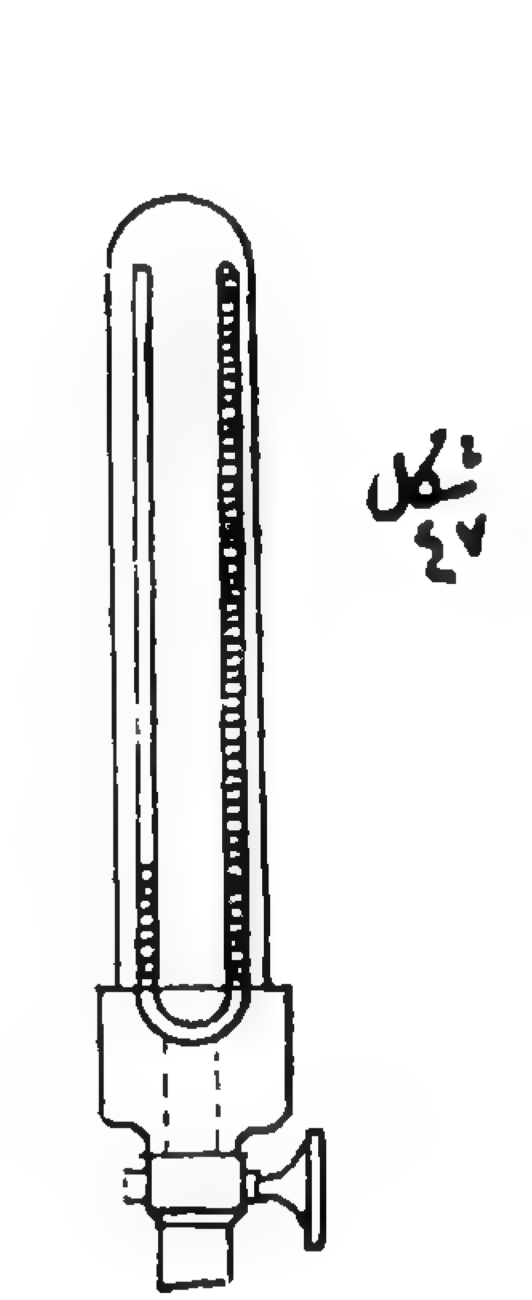
واذا كانت الآلة ذات طلنبة واحدة شق استعمالها فانا اذا رفعنا المكبس حصل ضغط يساوى فاضل الضغطين الواقعين على وجهيه من الهواء الجوى والهواء الداخلى وهذا الضغط ضعيف في المرات الاول من نزول المكبس لكنه كلما تمدد الهواء وانتشر في الناقوس تزايد ثم ينتهى امره الى ان يصير مساويا تقريبا للضغط الكلى الجوى ويسهل استعمال الآلة اذا جعل لها طلنبتان (كما في شكل ٤٥) يستطرقان الى بعضهما



بواسطة انبوبة التنفيس الواحدة بشرط ان يوضع المكبسات
بكيفية بها يتحركان على التعاقب اى اذا ارتفع احدهما ينزل
الآخر واما الضغطان الواقعان من الجو على المكبسين فيئولان
الى ضغط واحد ينمحى بثبات محور الدوران والضغط المؤثر
انما هو الفرق بين الضغطين السفليين وهو اقل مما فى الآلة
الأصلية التى تقدم ذكرها وتقل مدة العملية باستعمال
الطلنبتين وفى قناة التوصيل مفتاح كما فى (شكل ٤٦) فائدته
بقاء الفراغ وارجاع الهواء وقت الحاجة وهذا المفتاح عبارة
عن حنفية فيها فتحة اعتيادية وأخرى جانبية فتدار الفتحة الجانبية
نحو المكبسين أو نحو المستودع بحسب ما يراد من بقاء الفراغ أو نقضه

شكل ٤٦

ولمعرفة درجة تخلخل الهواء يوضع على قناة التوصيل اسطوانة من
زجاج كما فى (شكل ٤٧) فيها مجار فيبتدئ الزئبق الذى فيه بالنزول
متى وصلت مرونة الهواء الداخلى الى ربع الضغط الجوى تقريبا واحسن
الآلات هذا الوقت واجودها لا يمكن ان يعمل الفراغ به الى اقل من مليمتر واحد
وسبب عدم كمالها عدم امكان توصيل المكبس الى قاع جسم الطلنبة فاذا نتج تحته
حجم يساوى جزأ من ٥٠ مثلا من المسافة الكلية التى لابد ان يقطعها لا يمكن
ان تؤول مرونة هواء المستودع الى اقل من جزء من ٥٠ من الضغط الجوى
وبمجرد ان يصل المكبس الى اسفل نقطة من نقط مجراه تصير مرونة الهواء
الذى يبقى فى اسفل المكبس فى أى وقت كان من اوقات التجربة مساوية لمرونة
الهواء الخارجى وحيث أنه برفع المكبس الى غاية ارتفاعه يصير حجم الهواء



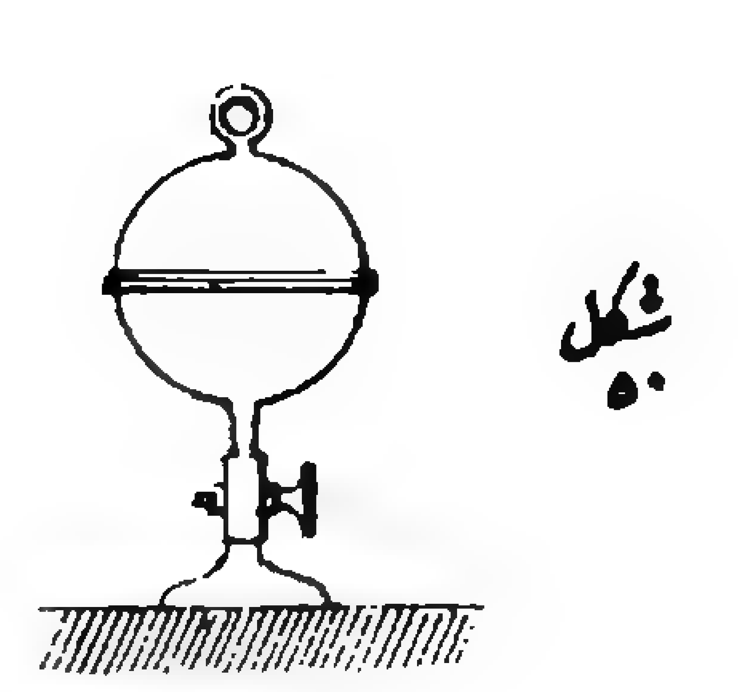
المذكور قدر ما كان ٥٠ مرة تضعف مرونته ٥٠ مرة ايضا وحينئذ اذا وصلت قوة هواء المستودع الى هذه
القوة لا يمكن ان تخرج اصلا واذا اديم تحريك المكابس لا يفيد ذلك شيأ ومع هذا فقد امكن ان يتجاوز هذا
الحد بواسطة التحسين المنسوب للمعلم بابينيت

وذلك ان المعلم المذكور عمل حنفية ذات شكل مخصوص توضع تحت جسم الطلنبة د الكائن فى الجهة اليمنى
على نقطة من نقط قناة التوصيل وتحرك الآلة بالطريقة المعتادة متى كانت هذه الحنفية مفتوحة

كما فى (شكل ٤٨) ويدام العمل بهذه المثابة الى حد تفريغ الهواء من المستودع فعند الوصول الى هذا الحد تدار الحنفية بربع دورة كما فى (شكل ٤٩) وحينئذ فجسم طلنبة الجهة اليمنى بدل ان يستطرق الى المستودع ع يستطرق الى قاع جسم طلنبة الجهة اليسرى بواسطة الانبوبة الصغيرة س ص ع التى أولها اسفل صمام جسم طلنبة الجهة اليمنى فاذا فرض ان مكبس جسم الجهة اليسرى نزل فهواء جسم الطلنبة المذكور ينتقل الى جسم طلنبة الجهة اليمنى التى يرتفع مكبسها واما فى الحركة العكسية للمكبسين فهواء جسم طلنبة الجهة اليمنى يخرج فى الجو بخلاف هواء المستودع فانه ينتقل الى جسم طلنبة الجهة اليسرى واذا نزل مكبس الجهة اليسرى ثانيا فهواء جسم طلنبة الجهة المذكورة ينتقل ايضا الى جسم طلنبة الجهة اليمنى ثم ينتشر فى الجو فى حركة المكبس التالية للحركة المتقدمة بخلاف هواء المستودع فانه ينتقل الى جسم طلنبة الجهة اليسرى ويشاهد بهذا الوضع أن جسم طلنبة الجهة اليمنى يخلخل هواء جسم طلنبة الجهة اليسرى شيأ فشيأ وان جسم طلنبة الجهة اليسرى يخلخل ايضا هواء المستودع شيأ فشيأ ومن هنا يسمى ما ابتدعه المعلم بابينيت من التحسين بالتفريغ المضاعف وجميع الالات التى يوجد فيها هذا التحسين يمكن التفريغ بها الى ان يصير الضغط اقل من مليمتر واحد وقد اخترع الالة المفرغة رجل يقال له اوتو دوغريك عامل ما دبورغ اى حاكم هذه البلدة فى سنة ١٦٥٠ مسيحية وكان ذلك بعد استكشاف البارومتر بعشر سنوات تقريبا وقد اجتهد كثير من علماء الطبيعة فى تحسين تلك الالة فان المعلم اوتك وضع فيها جسم الطلنبة وضعا رأسيا واضاف اليها المعلم پاپين السطح وزاد عليها المعلم هوكبه جسمى الطلنبة

وهذه الالة احدى الالات النفيسة الطبيعية ثم انه يجب علينا أن نذكر هنا التجاريب الاول التى استعملت فيها الالة المذكورة فنقول

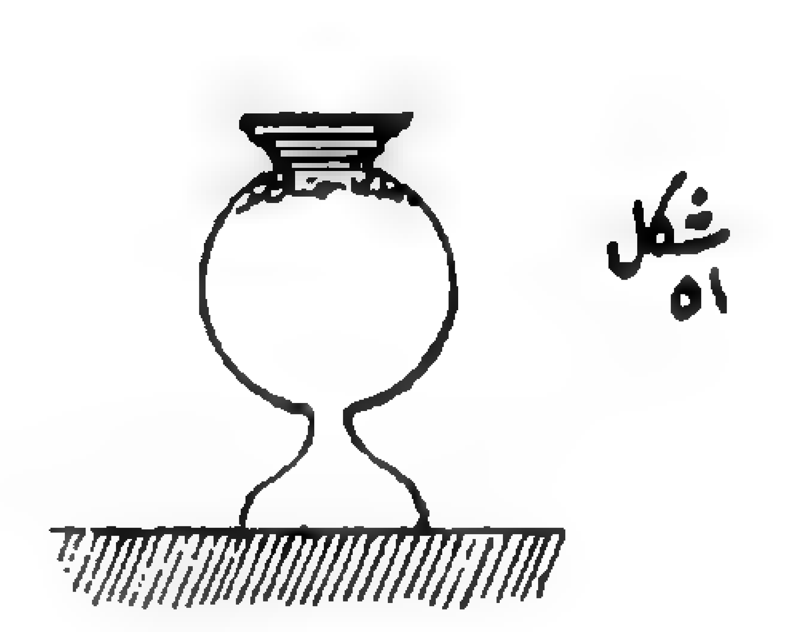
انه ينسب للعلم اوتو دوعزيك جهاز صغير يسمى نصفى كرة ماد بورغ يثبت ان الهوآء ينضغط من جميع الجهات وهذا الجهاز مركب كما فى (شكل ٥٠) من نصفى كرة قطر كل منهما ٥ سنتيمترات او ٦ يتعشق احدهما بالآخر تعشيقاً قليلاً ونصف الكرة الأعلى منته بحلقة ونصفها الأسفل بانبوبة ذات حنفية توضع على خطوات بريمة من الآلة المفرغة فبمجرد عمل الفراغ فى الجهاز يعسر رفع نصف الكرة الأعلى لان الضغط المتغلب يزيد عن ٧٦ كيلوغراماً اذا كان مقدار نصف قطر الكرة خمس سنتيمترات فقط ويكون



شكل ٥٠

فصل نصفى الكرة عن بعضهما غير ممكن أيضاً اذا فككناهما بعد سد الحنفية من اعلى الآلة ووضعناهما فى أى وضع غير الوضع الأول فهذا برهان آخر على وجود الضغوط الجانبية وينفصل نصفا الكرة بسهولة بمجرد ترجيع الهوآء او وضعهما فى الفراغ

والغالب ان تعمل ايضاً تجربة انبجار المثانة لتحقق وجود ضغط الهوآء وذلك أن تؤخذ اسطوانة من الزجاج كما فى (شكل ٥١) مفتوحة من احد طرفيها ومسدودة من الطرف الثانى بواسطة قطعة مثانة موترة تو تيراجيداً فتكون هذه المثانة مستوية قبل تخلخل الهوآء الداخلى لكنها تتقعر شيأ فشيأ كلما تخلخل الهوآء فاذا مسها الانسان مساً خفيفاً بالاصبع تمزقت وصارت قطعاً كثيرة وعند تمزقها تفرقع فرقعة شديدة كفرقعة الطبنجة وقت تسييبها وهذه الفرقعة ناشئة عن رجوع الهوآء بقوة فى الاسطوانة



شكل ٥١

ونسهل البرهنة بواسطة الآلة المفرغة على أن الحيوانات تهلك فى الفراغ فى لحظات قليلة وأن الأجسام الملتهبة تنطفئ فيه *

فى الآلة الحاصرة

٥٢ بنيا الآلة الحاصرة الة معدة لجمع الهوآء فى آنية وحصره فيها وشكلها كشكل الآلة المفرغة ولا تختلف عنها الا بوضع صماميها اللذين ينفتحان من اعلى الى أسفل وبآنيتها التى تثبت دائماً على سطحها فاذا انخفض احد مكبسيها فالهوآء المحصور أو المجتمع يفتح الصمام الاسفل لجسم الطلنبة ويدخل فى الآنية واما اذا ارتفع فهواء الآنية يسد الصمام المذكور ويدخل الهوآء الجوى فى جسم الطلنبة بواسطة

صمام

صمام المكبس وتستطرق آنية الآلة الى اسطوانة فيها مانومتر (أي مقياس تخلخل الغازات) بقاس به ضغط الهواء الداخلي وبند راستعمال الآلة الحاصرة

في الطلنبة الحاصرة

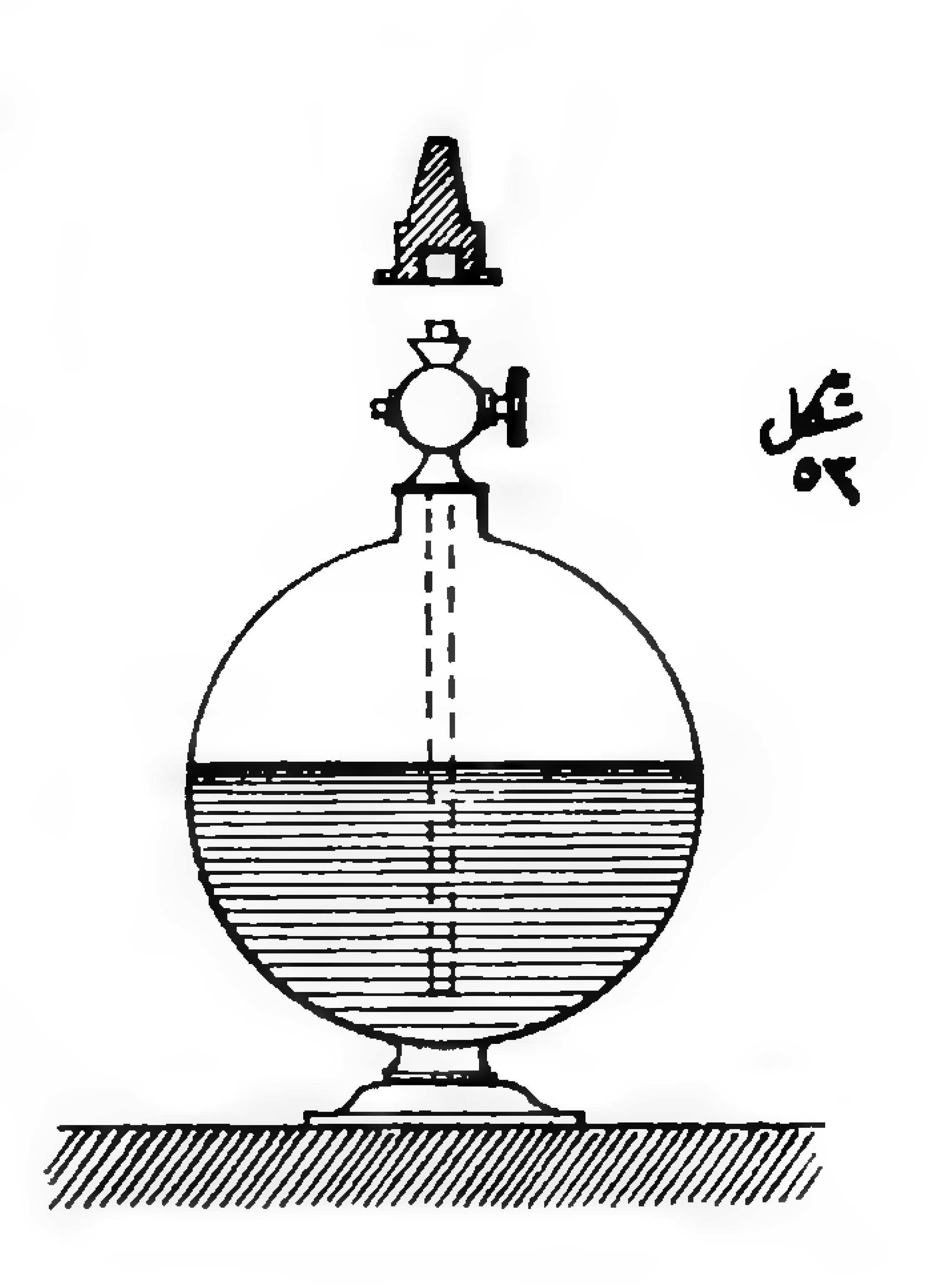
شكل ٥٧

بند الطلنبة المذكورة مركبة كما في (شكل ٥٧) من اسطوانة ومن مكبس سكيد وفي هذه الاسطوانة فتحة بالقرب من طرفها الأعلى وفي طرفها الثاني صمام ينفتح من اعلى الى أسفل وفيه ايضا ثقب ذو خطوات برغية يوضع بها على المستودعات التي يراد حصر الهواء فيها فاذا انزل المكبس دفع هواء جسم الطلنبة في المستودع واذا صعد رفع ثقل الجو ومنع الهواء عن الدخول مالم يتجاوز الفتحة العليا وكل ضربة من ضربات المكبس تحصر في المستودع كمية من الهواء قدر ما بقيتها وحد الانحصار يتعلق بالجم الذي يبقى بين الصمام واسفل نقطة من نقط مجرى المكبس فاذا كان هذا الجم جزأ من ٥٠ من جسم الاسطوانة الكائنة تحت المنفذ امكن حصر الهواء الى ٥٠ جزأ ولا يتجاوز الحصر هذا الحد لان هواء جسم الطلنبة لا يمكن ان يأخذ قوة تزيد عن ٥٠ جوا بتنقيص حجمه والغالب ان تسمى هذه الطلنبة بالطلنبة الكابسة ويمكن حصر حمض الكربونيك أو غيره من الغازات في المستودع بشرط ان تستطرق فتحة الطلنبة الى المستودع الممتلي من هذا الغاز وبهذه الكيفية يتكاثف حمض الكربونيك في الجهاز الذي تتكون فيه المياه الغازية

الدرس العاشر

في نافورة الضغط

بند نافورة الضغط مركبة كما في (شكل ٥٨) من آنية من نحاس ذات جدران متينة جدا فيها ثقب برغي يمكن أن تقلوز عليه انبوبة من الحديد والجزء الأسفل من هذه الانبوبة واصل الى القرب قاع الآنية وجزؤها الأعلى ينتهي ببرمة معدة لضبط وصلة



أوطلنبة كابسة وفى أسفل البرمة حنفية فائدتها توصيل أوعدم توصيل داخل الآنية بخارجها فلملء النافورة يملأ نصفها تقريبا من الماء ويحصر فيها هواء بواسطة طلنبة كابسة ثم تغلق الحنفية فاذا عوضت الطلنبة بوصلة وفتحت الحنفية ارتفع المائع الى ارتفاع مقدار تابع لكمية الهواء المجتمعة على سطحه فيصل الارتفاع المذكور الى ١٠٫٣٣ م تقريبا اذا كان الضغط الداخلى يساوى جويين فقط ويضاعف الارتفاع اذا كان الضغط المذكور مساويا ثلاثة اجوبة

فى بندقية الهواء

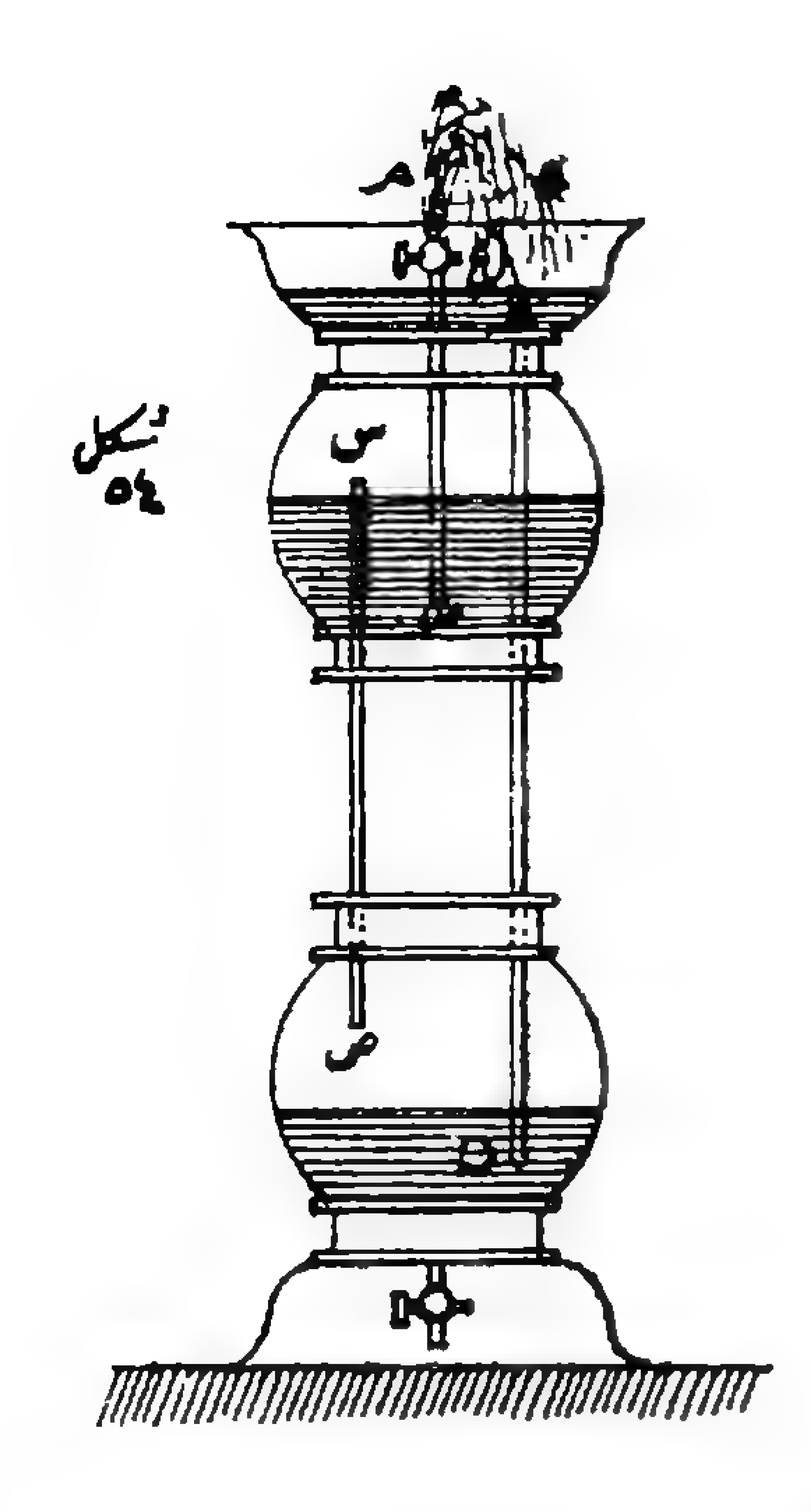
يند لبندقية الهواء خزنة معدنية مجوفة و فى طرفها صمام ينفتح من الخارج الى الداخل ويمكن ان يثبت على هذا الطرف طلنبة كابسة بواسطة برمة و ان يكبس الهواء فيها الى ١٠ اجوبة او ١٥ جوا فبمجرد أن تملى الخزنة ترفع الطلنبة وتعوض بالماسورة التى تدخل فيها الرصاصة والحشو تان معا وبجر الزنبلك الكائن على الماسورة ينفتح الصمام ويخرج الهواء بقوة فينقذف ما فى هذه الماسورة بعيدا ويمكن تسييب تلك البندقية عدة مرات متوالية بدون ملى الخزنة ثانيا لان الصمام لايدخل منه فى كل تسييبة الا مقدار قليل من الهواء ومرات التسيب هذه تكون مصحوبة بفرقعة ضعيفة جدا وضوء قليل ناشئ عن احتكاك المواد الجامدة التى يجذبها هواء الخزنة معه او التى يقابلها فى ممره

ثم ان التهاب البارود فى البندقيات والمدافع ينشر كثيرا من الغازات فى مسافة قليلة جدا وقوته عظيمة أيضا و تأثير هذا الغاز عند تسييب البندقيات او المدافع بشعرية الانسان فى جميع امتداد الماسورة و يبطل هذا التأثير بالكلية بعد قذف ما فى الماسورة ويؤخذ من هذا أنه كلما كانت الماسورة طويلة كانت الضربة شديدة وينبغى مع ذلك ان لايتجاوز الماسورة حدا معلوما لسببين أحدهما أن الجسم المقذوف يحصل له احتكاكات تتزايد بطول تلك الماسورة والثانى أن الغاز يفقد بعض قواه بتحركه على بعد عظيم من البرمة

فى فوره ميرون



في نافورة هيرون



بند ٥٦ النافورة المذكورة عبارة عن ثلاث أواني وثلاث أنابيب مجتمعة معًا بطريقة مخصوصة كما في (شكل ٥٤) أما الأنبوبة م ن فتمتد من قاع الآنية العليا الى قاع الآنية السفلى وأما الأنبوبة س ص فتمتد من رأس الآنية السفلى وتدخل في رأس الآنية المتوسطة وأما الأنبوبة ع ه فتمتد من قاع الآنية المتوسطة الى أعلى قاع الآنية العليا بقليل ويثبت على هذه الأنبوبة الأخيرة بواسطة برمة حنفية منتهية بوصلة طويلة رفيعة ولاجل اجراء تجربة تلك النافورة تزال الحنفية وتملأ الآنية العليا من الماء فيسيل جزء من هذا المائع في الآنية السفلى وجزء آخر في الآنية المتوسطة ثم تسد الفتحة م بمجرد أن تزيد تسوية الماء بقدر بعض مليمترات عن الطرف ن للأنبوبة ومتى امتلأت الآنية المتوسطة تقريبًا من المائع تركب الحنفية ثم تزال السدادة الموضوعة في م كي يملأ الماء الأنبوبة م ن وبهذا تتم النافورة فحينئذ يكفي فتح الحنفية لاجل اخراج الماء ومقتضى القواعد أن يكون ارتفاع المائع المذكور فوق تسوية الآنية المتوسطة مساويًا للبعد الكائن بين التسويتين في الآنيتين المتطرفتين وهذا ناشئ عن مرونة الهواء المحصور فوق المائع في الآنية المتوسطة

وقد انشأوا قاعدة مصابيح ايدروستاتيكية مؤسسة على قاعدة نافورة هيرون غير انها لم تظهر جميع المزايا التي تحدث عن بعض أوضاع أخرى فلذا أهملت

في نافورة الماء

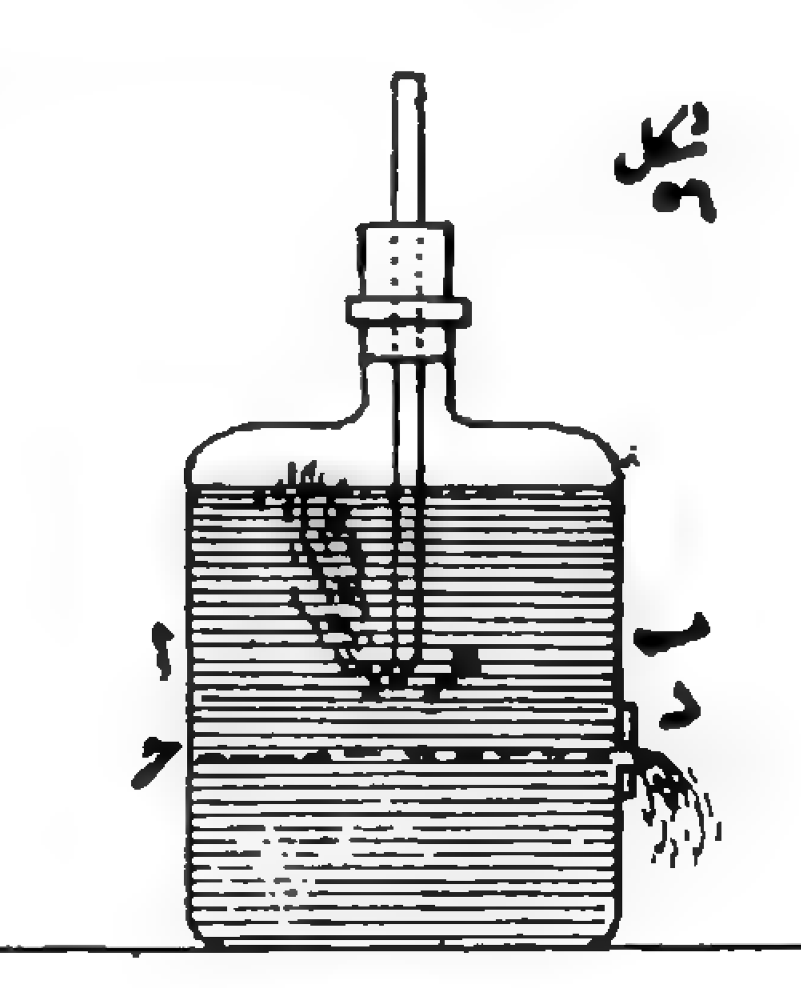
شكل ٥٥

بند ٥٧ نافورة الماء كما في (شكل ٥٥) كرة من البلور في طرفها الأسفل ثلاثة أو أربعة أنابيب شعرية ر ف ..... ثم مقطوعة بأنبوبة من الزجاج د ه مفتوحة الطرفين وتمتد تقريبًا من أعلى الكرة وتنتهي الى قرب

منفذ صغير جدًا و مصنوع فى وسط آنية من النحاس م و ن فلأجل استعمالها يصب ما فى كرة البلور الى اب ثم تسد الفتحة ح بواسطة سدادة مصنوعة فبيل وقتئذ الما الذى ينضغط عليه الهواء الداخلى فى المنافذ ر، ف ...... ح ويرتفع شيأً فشيأً فى الآنية م و ن اذا كان المنفذ و اقل من مجموع منافذ الأنابيب الشعرية ويتجاوز الما المذكور الفتحة ه من الأنبوبة ويعترض بين داخل الكرة وخارجها ويمنع الهواء الخارجى عن الدخول فوق المائع فتنقص قوة مرونة الهواء الداخلى حينئذ بواسطة سيلان المائع ولابد أن تأتى لحظة من الزمن اذا انضم فيها ضغط الهواء الداخلى المذكور الى ضغط الما لايزيد ذلك الضغط عن الضغط الواقع من الجو على المنافذ ر، ف ...... ح فينقطع السيلان فى تلك اللحظة من نفسه ولايعود الا بعد انفتاح فتحة الأنبوبة بواسطة سيلان جزء من مائع الآنية م و ن فاذا انت هذه اللحظة دخل الهواء الخارجى فوق المائع فيبتدئ السيلان ثانيًا من المنافذ ر، ف ...... ح ثم ينقطع السيلان ثم يتجدد وهكذا الى ان ينزل الما عن فتحات الانابيب

فى اناء المعلم مريوت

بند ٨٥ انا المعلم مريوت كما فى الشكل (٥٦) سيلان منتظم وهو عبارة عن مربع فيه منفذ جانبى قطره صغير



وهذا المربع مسدود بسدادة يمر بها انبوبة مع الاحتكاك فاذا فرضنا أن المربع والأنبوبة ممتلئات بالما ورفعنا الأنبوبة فوق المنفذ سال المائع ما دام المنفذ والأنبوبة مفتوحين لان الضغط من الداخل الى الخارج الحادث عن الهواء والما على المنفذ يزيد عن الضغط الحادث من الهواء على المنفذ من الخارج الى الداخل ثم أن التسوية تتنازل بسرعة من الطرف الأعلى للانبوبة الى طرفها الأسفل ومتى وصلت الى هذا الحد سال المائع بسرعة منتظمة ويستمر على هذه السرعة الى أن ينزل الى اب فى المربع وذلك أن الجو فى مدة هذا السيلان الجزئى يضغط مباشرة على م ويوصل ضغطا واحدًا لجميع اجزاء الطبقة الافقية اب بحيث أن الضغط الداخلى الواقع على الطبقة هـ د يزيد بمقدار العمود ا ح عن الضغط الخارجى ومما ينبغى التنبيه عليه ان التسوية تتنازل فى المربع كلما حدث السيلان وذلك أن الهواء يدخل من الطرف م ويرتفع فوق الما فقاقيع لاجل ان يعادل بضغط

بضغطه نقص الضغط الذى ينشأ عن هذا السيلان فاذا نزلت التسوية تحت ا ب لم يكن الضغط ثابتا وتتغير سرعة المائع وعليه فيفيد اناء المعلم بوت طريقة لاحداث سيلان منتظم وتلطف السرعة بغمس الانبوبة قليلا او كثيرا فى الاناء

فاذا وضع الطرف الاسفل من الانبوبة على تسوية المنفذ او على اسفله لم يحصل السيلان فى الانبوبة واما المربع فيبقى ممتلئا من المائع ويتنوع اناء المعلم بوت بانواع موافقة للاحوال التى يستعمل فيها

فى مجار النبيذ

شكل ٥٧

بند ٥٩ مجار النبيذ مركب كما فى (شكل ٥٧) من انبوبة فى طرفها الاسفل منفذ ضيق وفى الاعلى منفذ واسع فاذا غمس فى مائع صعد المائع فيه الى ارتفاع التسوية من الخارج واذا سد بعد ذلك بالاصبع من نهايته العليا واخرج من المائع فلا يسيل منه الا جزء لان السيلان ينقطع متى صارت مرونة الهواء الداخل اقل من الفرق الكائن بين الضغط الجوى وعمود المائع الباقى فى المجار وحينئذ يبقى جزء من المائع فى الانبوبة واسم هذه الالة يدل على كثرة لزومها فتسمى تارة بمجذب المائع وتارة بطلمبة المخازن وتارة بغير ذلك فاذا مليئت الانبوبة بمائع قبل سدها من الطرف الاعلى فلا يسيل منه اذ فى جزء وهذه النتايج تحدث بعينها اذا فتحت فتحة ضيقة فى برميل سواء كانت فى جانبه او فى قاعدته واذا كان البرميل مقفولا من قاعدته العليا وممتلئا بالمائع امتلاء تاما فلا يسيل منه واما اذا احتوى على قليل من الهواء فى جزئه الاعلى سال المائع مدة يسيرة

فى الممص

شكل ٥٨

ا ب د

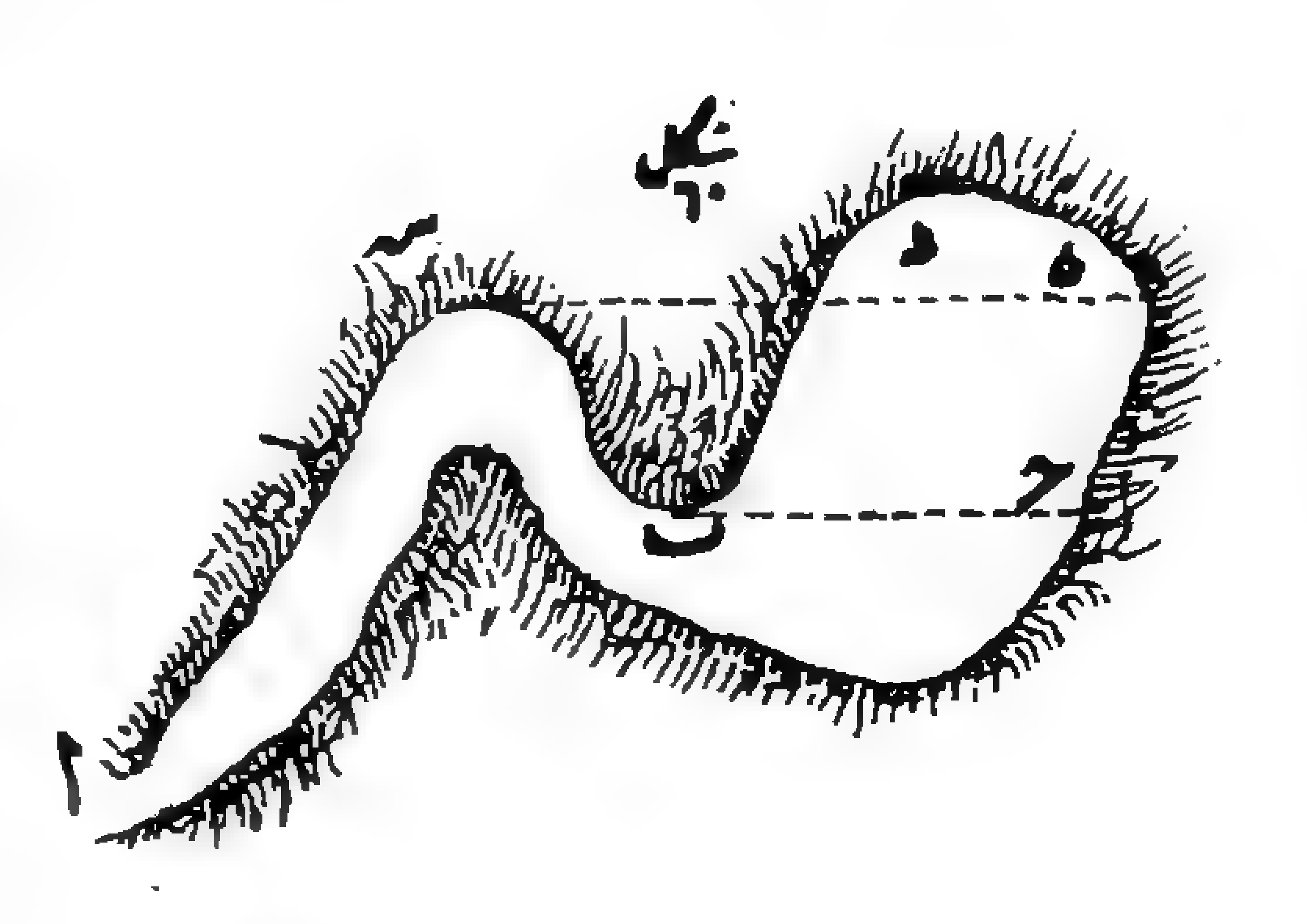
بند ٦٠ الممص آلة تستعمل لنقل الموائع من اناء الى آخر وهو مركب من انبوبة منحنية كما فى (شكل ٥٨) شعبتاها غير متساويتين فى الطول ولتصور استعمال هذه الآلة تصورا صحيحا يفرض ان المراد نقل ماء فتغمس الشعبة القصيرة من الممص فى هذا المائع ويمص الهواء الداخلى بالفم من الطرف الآخر فيرتفع الماء فى الشعبة س ب ثم يتجاوز الراس س اذا كان ارتفاعها اقل من

٢٢ ، ١٠م فوق التسوية ويملأ الجهاز ملئاً كلياً فيمتلئ حينئذ الممص بالمائع ويتفرغ الآناء من نفسه وهذه النتيجة ناشئة عن الضغوط الواقعة على طرفى الممص اما الضغط الواقع على ٢ لرفع المائع فهو الفرق بين ضغط الجو وضغط عمود المائع س ح وأما الضغط الواقع على ب فهو الفرق بين ضغط الجو المذكور وعمود المائع س د وحيث أن هذا العمود اقل من العمود الأول فالضغط الواقع على ب يزيد على الضغط الواقع على ٢ وبناءً عليه يسيل المائع من شعبة الممص القصيرة فى الشعبة الطويلة ومع ذلك فالقوة التى تحدث السيلان تساوى الفرق دح بين عمودى المائع ولا يمكن أن ينقطع السيلان قبل تفريغ المائع لان الضغط الجوى الكافى لملئ الممص لابد وأن يحفظه ممتلئاً مادام مغموساً فى المائع فهذا مايحدثه الضغط الجوى على الممص وأما فى الفراغ فينفصل عمود المائع ويبطل فعل الممص

وحين يراد نقل موائع مضرة كالزيبق والحوامض وغير ذلك بواسطة الممص يحترس عند ملئ الجهاز فلهذا يستعمل كالذى (شكل ٥٩) ممص له أنبوبة جانبية تبتدأ من النهاية السفلى للشعبة الطويلة فمتى غمست النهاية ب فى المائع تسد النهاية ٢ بالاصبع ويمص هواء الممص من م ويمكن ان يستعمل ايضاً ممص معتاد وحينئذ يملأ بقلبه ويغلق نهايتيه ثم يقلب الممص ويغطس طرفه الأقصر فى المائع المراد نقله وحين يستعمل ممص ذو قطر كبير يهتم بغمس منفذ السيلان فى آنية ممتلئة من المائع لانه اذا اهمل هذا الاحتراس امكن أن ينفصل الهواء العمود الذى يسيل ويرفعه الى رأس الممص فيحدث بين عمودى المائع تعطل مستمر ينشأ عنه وقوف الجهاز

شكل ٥٩

وبواسطة نظرى الممص توضح الزافير المائية التى توجد بكثرة بالقرب من الجبال وذلك انا اذا تصورنا صخرة كالتى (شكل ٦٠) فيها تجويفة تستطرق الى السهل بواسطة ممص طبيعى ب س ٢ وأن المياه يدخل شيأ فشيأ فى هذه التجويفة برشحها كائنة تحت الأرض يسيل المائع بها مادام الارتفاع ده غير واصل لرأس الممص



لرأس الممص فاذا وصل الى هذا الارتفاع امتلأ الممص وسال المائع الى أن تنزل التسوية الى ب ح فينقطع السيلان عند هذا الحد ويعود ثانياً متى وصلت التسوية الى د ه وهكذا وكثير من النوافير المائية يسيل مدة ايام واشهر بدون انقطاع ومنها ما يسيل وينقطع مراراً فى الساعة الواحدة

ويوجد فى مخازن آلات الطبيعة جهاز صغير يسمى بالممص المائى يمتلأ بنفسه كالنوافير العجيبة وشعبته القصيرة تغمس كما فى (شكل ٦١) الى قرب قاع الاناء والشعبة الطويلة تمر به ويمتلأ هذا الممص ما دامت تسوية المائع فى الاناء فوق الرأس س ويستمر السيلان الى ان يفرغ المائع بالكلية واذا وضع الماء ثانياً امتلأ الممص مرة اخرى وقد يشكل الممص المائى كما فى (شكل ٦٢) بشكل اخر فيه انبوبة مستقيمة مفتوحة من طرفيها تمر بقاع اناء وتغطى بانبوبة اعرض منها مقفولة من رأسها ونهايتها السفلى تكاد ان تتصل بقاع الاناء فتحدث المسافة الكائنة بين الانبوبتين تأثير اقسام شعبتى الممص

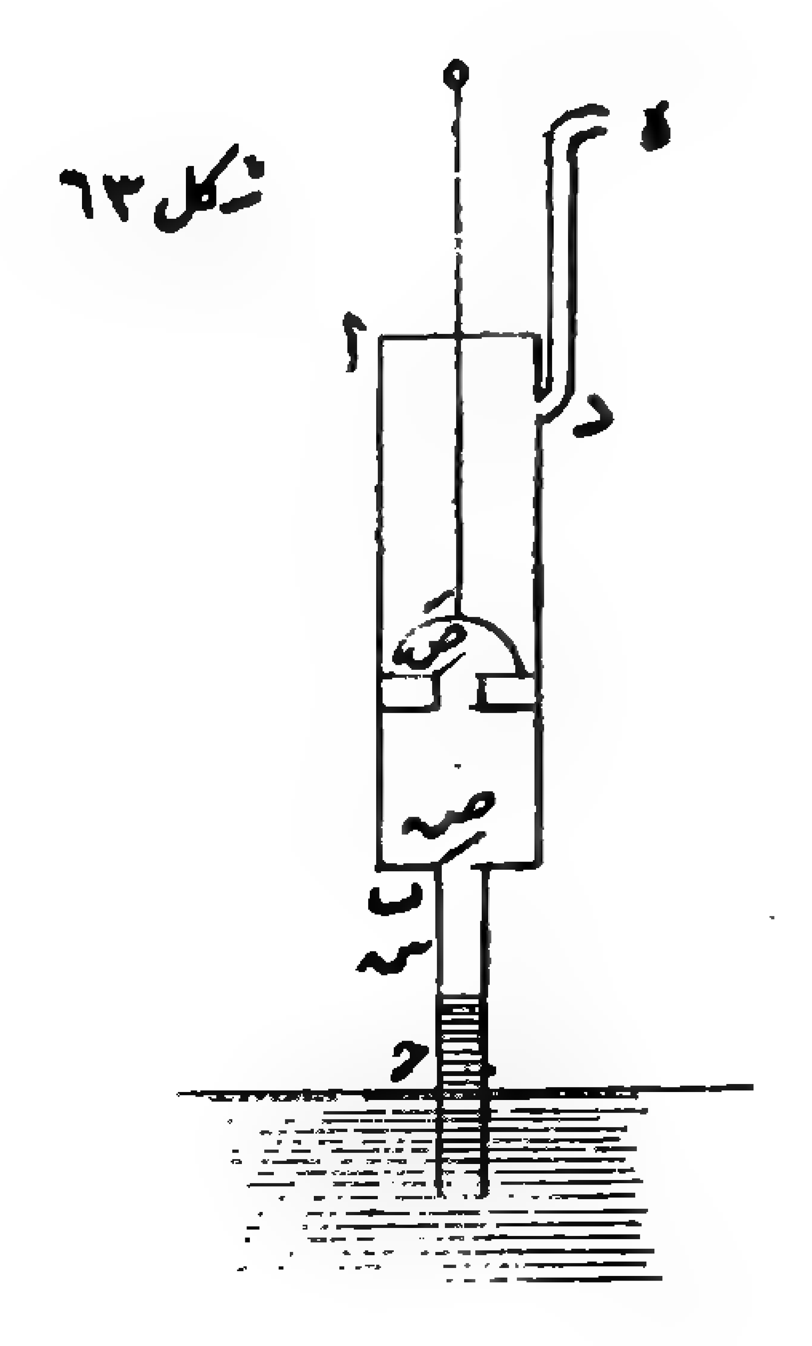
شكل ٦١

شكل ٦٢

فى الطلنبات

بند ٦١ تستعمل الطلنبات لرفع الماء وهى على ثلاثة انواع الأول الطلنبات الماصة الثانى الطلنبات الماصة الكابسة الثالث الطلنبات الكابسة

فى الطلنبة الماصة



الطلنبة الماصة مركبة كما فى (شكل ٦٣) من جسم طلنبة ا ب يمر به مكبس ومن قصبة مص ب ح تغمس فى الماء وفى تلك الطلنبة صمامان أحدهما مصنوع فى مجمع الاسطوانتين والثانى فى المكبس وهذان الصمامان ينفتحان من اسفل الى اعلى فاذا فرضنا المكبس على الطرف الأسفل من جسم الطلنبة انسد الصمامان وصار المائع فى تسوية واحدة فى داخل الانبوبة

ب ح وفى خارجها وأما اذا رفعنا المكبس فان الفراغ يحدث تحت قاعدته وينفتح الصمام ص
بسبب مرونة هوآء القصبة فيدخل هذا الهوآء فى جسم الطلنبة وتنقص مرونته ولا يوازن ضغط
الجو فيرتفع المآء فى قصبة المص واذا وصل المكبس الى اعلى مجراه حصل التوازن بين هوآء جسم الطلنبة
وهوآء القصبة وانسد الصمام وانقطع صعود المآء وعمود ح س الذى ارتفع بواسطة ضربة
المكبس الاولى يساوى الفرق بين الضغط الجوى وضغط الهوآء الداخلى واذا نزل المكبس خرج هوآء
جسم الطلنبة بواسطة الصمام ص وانتشر ايضا هوآء قصبة المص بتحريك المكبس مرة اخرى
وبذلك يصعد عمود آخر من المآء فاذا ادمنا تحريك المكبس وصلنا الحد فع المآء الى الصمام ص
ثم الى جسم الطلنبة اذا كانت الطلنبة المذكورة محكمة التركيب فاذا فرض ان المكبس نزل ايضا فالهوآء
الذى يبقى فوق عمود المائع يخرج كله بواسطة الصمام ص ويدخل المآء بنفسه بين هذا الصمام ويرتفع
فوق المكبس ثم اذا ارتفع هذا المكبس ارتفع عمود المآء المستقر عليه ولا يمكن عمل الفراغ فى قاعدته متى رفع
لان المائع المدفوع بواسطة ضغط الهوآء يفتح بنفسه صمام المص ويدخل فى جسم الطلنبة
وعليه فكلما انخفض المكبس حمل فوقه عمودا مائعا وكلما ارتفع رفع هذا العمود وجذب ايضا المآء
من الحوض فى جسم الطلنبة وحينئذ فيمكن دفع المآء الى المنفذ د او الى ارتفاع ما اذا اضفنا للطلنبة
انبوبة جانبية د ه

وحيث أن ضغط الجو سبب فى رفع المآء فى انبوبة المص ينبغى أن يكون صمام المص على بعد اقل من
١٠٫٣٣ م فوق تسوية مآء الحوض ومع ذلك فلا ينبغى ايضا وضع الصمام المذكور على هذا الارتفاع
لان المآء لا يمكنه ان يتجاوزه ويدخل فوق رأس المكبس وبند روضعه على اكثر من ثمانية امتار فوق
التسوية ومكبس الطلنبات كمكبس الآلات المعرفة يجب أن ينزل بالقرب جدا من الصمام
المذكور فاذا بقيت مسافة كربع جسم الطلنبة مثلا تحت مجراه لا يمكن أن تصير مرونة هوآء الأنبوبة
اقل من ربع الضغط الجوى ولا يرتفع المآء فى أنبوبة المص الى اكثر من ١٠٫٣٣ م ــ ٢٫٥٨ م
اى ٧٫٧٥ م ومهما كان الارتفاع اللازم ايصال المآء اليه لا ينبغى أن يرتفع المكبس الى اعلى من ١٠٫٣٣ م
عن تسوية المآء فى المستودع لانه يتكون تحته فراغ ويصير جزء من مجراه غير مفيد

ويمكن تقدير القوة اللازمة لتحريك المكبس فاذا نزل احتيج فقط الى التغلب على الاحتكاك الواقع
على جدران جسم الطلنبة واذا رفع رفع ثقل اسطوانة من المآء قاعدتها قاعدة المكبس وارتفاعها
يساوى ارتفاع المآء فوق تسوية المستودع ولاجل معرفة هذه النتيجة الأخيرة نفرض أن تسوية المائع

تحت

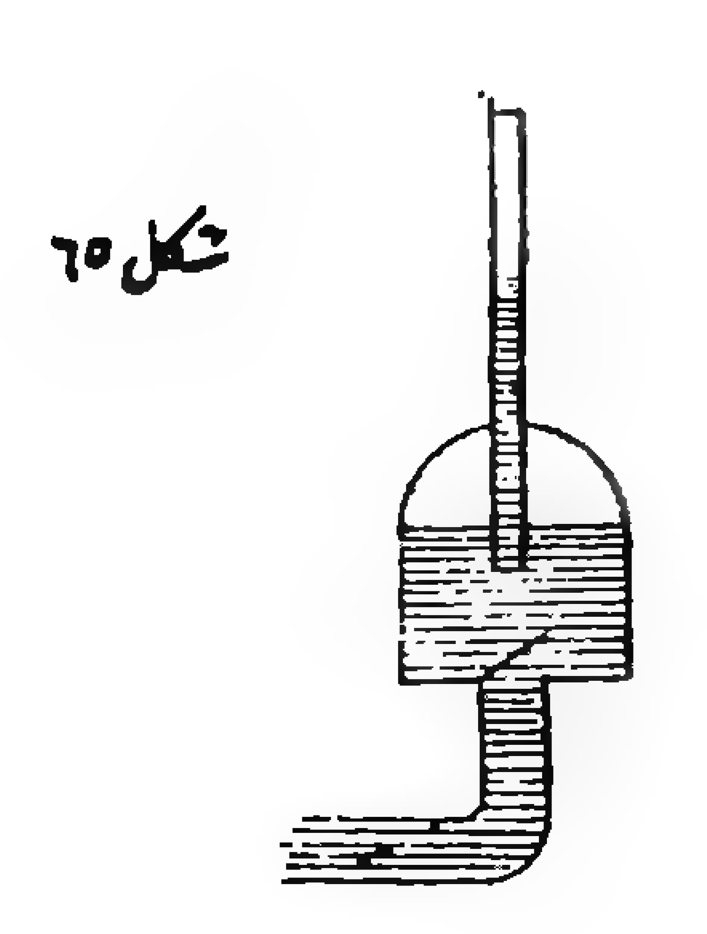
تحت صمام المص فيكون المكبس مضغوطاً من اعلى الى اسفل بضغط الجو ص ومن اسفل الى اعلى بالهواء الداخلى الذى تساوى قوته ص - ر (و ر ارتفاع العمود المائى المرفوع) وعليه فتكون القوة الفاعلة مساوية للفرق ر بين هذين الضغطين فاذا فرضنا الآن ان المكبس محاط بالماء ورمزنا بالحرف د لارتفاع العمود الذى يتكأ على رأسه وبالحرف ر لارتفاع العمود فوق تسوية المستودع كان ص + د و ص - ر دالين على الضغطين من اعلى الى اسفل ومن اسفل الى اعلى الواقعين على المكبس وفرقهما د + ر يدل على القوة اللازمة لرفعه

فى الطلمبة الماصة الكابسة

هذه الطلمبة تخالف الطلمبة السابقة بمكبسها الثقيل كما فى (شكل ٦٤) وفيها يرتفع الماء بواسطة انبوبة جانبية مصنوعة فى الطرف الأسفل من جسم الطلمبة وفى اولها صمام ينفتح من الداخل الى الخارج فاذا حرك المكبس ارتفع الماء فى جسم الطلمبة ثم ينكبس ثانياً فى الانبوبة الجانبية ويرتفع الى الارتفاع المطلوب وحين يرتفع المكبس ينغلق الصمام الجانبى ويرتفع الماء فى انبوبة المص وفى جسم الطلمبة فتساوى القوة الفاعلة ثقل اسطوانة من الماء قاعدتها قاعدة المكبس وارتفاعها ارتفاع المكبس فوق التسوية وأما اذا أنزل المكبس فينغلق صمام المص ويرتفع الماء فى الأنبوبة الجانبية وحينئذ تقدر القوة الفاعلة بثقل اسطوانة من الماء قاعدتها قاعدة المكبس وارتفاعها ارتفاع ماء الأنبوبة فوق التسوية فى جسم الطلمبة

شكل ٦٤

ثم ان السيلان يحصل بوجه غير مستمر فى الطلمبات المتقدمة ويمكن أن يجعل مستمراً بأوضاع مخصوصة فيستعمل فى الغالب مستودع من الهواء كما فى (شكل ٦٥) يفصل الأنبوبة الجانبية الى جزئين فيضغط الغاز الداخلى ضغطاً مستمراً على المائع بمجرد أن يصير فى المستودع فيصعد فى الأنبوبة الجانبية مدة حركتى المكبس والغالب أن يستعمل أيضاً

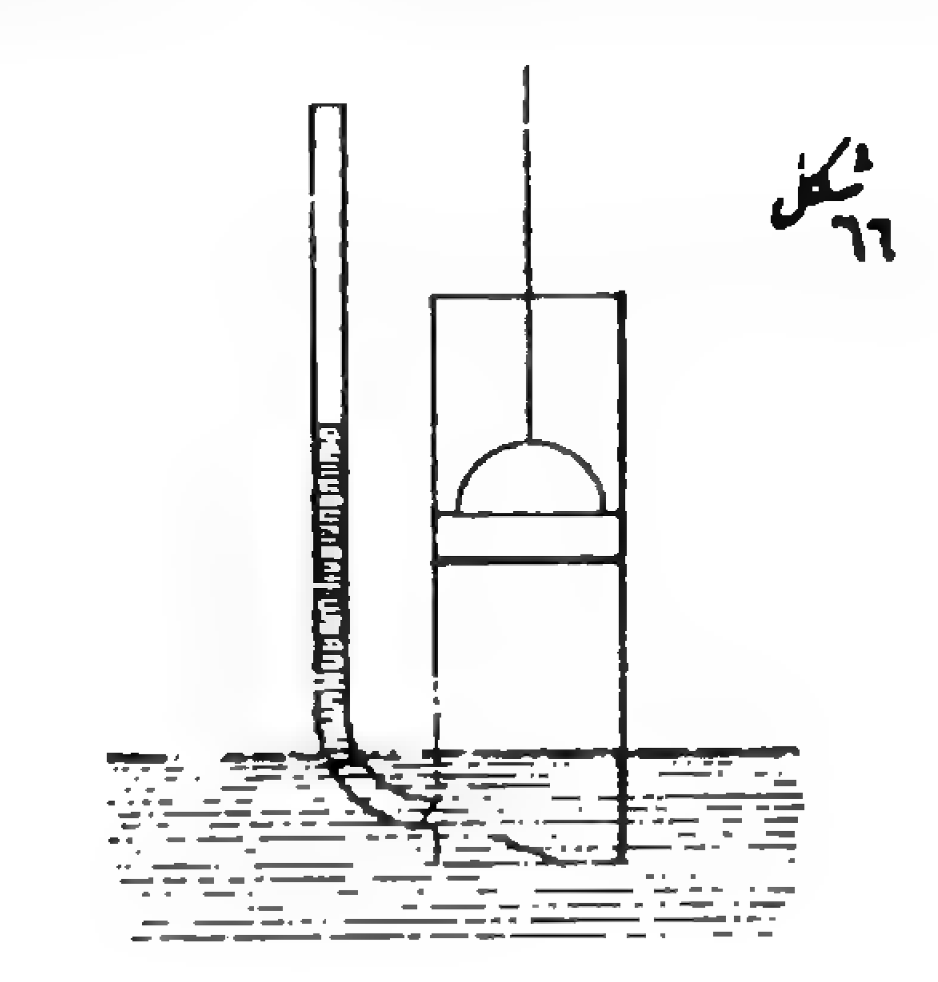


شكل ٦٥

طلمبات توأمتان اذا نزل مكبس احدهما صعد مكبس الاخرى

فى الطلمبات الكابسة

الطلمبة الكابسة على عدة انواع والمستعمل منها بكثرة لا يخالف الطلمبة الماصة الكابسة الا بنقص أنبوبة المص كما فى (شكل ٦٦) فينغمس جزء من جسم الطلمبة والأنبوبة الجانبية فى مستودع الماء



فاذا نزل المكبس خرج الهواء بواسطة الأنبوبة الجانبية واذا ارتفع دخل الماء بواسطة الصمام الأسفل ورفع الماء فى جسم الطلمبة ناشئ عن تخلخل الهواء وميل المواتع الى أن تصير فى أنبوبة واحدة فى الانابيب المستطرقة وطلمبات الحرائق من نوع الطلمبات الكابسة وهى على العموم مركبة من طلمبتين توأمتين تتصل انابيبهما بمستودع الهواء وينطرد الماء المكبوس ثانيًا فى هذا المستودع بواسطة مرونة الغاز ويرتفع فى أنبوبة لينة مختلفة الطول وقد تكون تلك الطلمبات أيضًا فى بعض الأحيان من نوع الطلمبات الكابسة

وقد لا يوجد فى بعض الطلمبات الكابسة صمام فى الطرف الاسفل من جسمها بل يوجد فى مكبسها صمام ينفتح من اعلى الى أسفل ولابد ان ينغمس جسم الطلمبة المذكورة بتمامه فى الماء فيملأ هذا المائع بنفسه الاسطوانة ويرتفع فى الأنبوبة الجانبية بارتفاع المستودع واذا نزل المكبس انغلق صمامه وانفتح صمام الأنبوبة الجانبية وانكبس الماء ثانيًا بموجب عدم تداخله ولا دخل للضغط الجوى فى تلك الطلمبة

الدرس العاشر

فى موازنة الأجسام المغمورة بالغازات

يتبع الأجسام المغمورة بالغازات يقع عليها ضغوط تشبه الضغوط التى تقع عليها لو كانت فى الموائع أما الضغوط الجانبية فتتماحى واما القوة المحصلة للضغوط الراسية فتبين بقوة واحدة متجهة من اسفل الى اعلى مساوية فى الشدة لثقل السائل المحذوف واقعة على مركز ثقل هذا السائل فينتج من ذلك

أن الأجسام المغمورة بالهواء مستفادة لمدافعة رأسية بقربها بثقل تلك الأجسام تتعين شروط توازنها أو تحركها
فاذا زاد ثقل الجسم عن المدافعة سقط الجسم لكنه يفقد في سقوطه جزءاً من ثقله يساوي ثقل الهواء
المحذوف وهذا النقص في الثقل سبب في عدم صحة الاوزان الجارية في الهواء فلذا اهتموا بتصليح هذا
النقص في التجاريب التي تحتاج الى الضبط فتوصلوا الى ذلك بضم ثقل حجم الهواء المحذوف الى الثقل
الذي يتحصل بواسطة الميزان والتجربة الواحدة

شكل ٦٧

تظهر تأثير الهواء في الاوزان فاذا وضع تحت ناقوس الآلة
المفرغة ميزان صغيرة كما في (شكل ٦٧) علقت كفتاه بكرتين
من النحاس مختلفتين في الحجم شوهد أنه بمجرد اخراج الهواء
يختل التوازن وترجح كرة نصف القطر الاكبر عن الكرة
الثانية وتتضح هذه النتيجة بكون الكرة اثقل في الحقيقة
من الكرة الثانية لانها توازنها مع نقص جزء عظيم من الثقل

واذا كانت المدافعة مساوية لثقل الجسم فلا ينزل الجسم ولا يرتفع بل يبقى في توازن مادام مركز ثقله
على رأسي مركز المدافعة وحين يكون ثقل الجسم اقل من المدافعة يرتفع الجسم بقوة تساوي الفرق بين ثقله
وثقل السائل المحذوف وهذا ما يحصل في صعود الدخان والسحب وفقاقيع الصابون والقباب الطيارة

في القباب الطيارة

٦٣ كثير من الغازات المرنة كالايدروجين والهواء المتمدد بالحرارة وغيرهما يكون اخف من الهواء الجوي
مع كون حجمهما واحداً فعلى هذا اذا ظرف غاز من هذه الغازات في غلاف خفيف ارتفع في الجو الى ان يصل
الى طبقة كثافتها تساوي كثافته وحينئذ يمكن بواسطة الحساب تقدير القوة التي يصعد بها
بعد معرفة حجم الغاز وكثافته فكثافة الايدروجين مثلاً تعادل تقريباً جزءاً من ثلاثة عشر جزء
من كثافة الهواء وعليه فالقوة التي تقتضي رفعه تعادل تقريباً ١٣ امثال القوة التي تقتضي خفضه
فاذا كانت سعة الغلاف لتراً واحداً كان مقدار القوة الاولى ١ر٣ ج ومقدار الثانية جزء من ثلاثة
عشر منها أي ٠ر١ ج بحيث يكون الفرق بين القوتين ١ر٢ ج وهو مقدار قوة رفعه وعليه فالجسم
الذي قدره متر مكعب تكون قوة رفعه ١٢٠٠ ج أو ١ر٢ كيلوجرام والجسم الذي قدره ١٠ امتار مكعبة
أو ٢٠ أو ٣٠ الخ تكون قوة رفعه قدر القوة الاولى ١٠ مرات أو ٢٠ أو ٣٠ الخ

فيعلم حينئذ أن القوة التي يرتفع بها الغاز كافية لحمل غلاف ثقيل في الطبقات المرتفعة في الجو أي انها تكفي لحمل زورق صغير فيه صابورة ومسافر معه ما يحتاجه من الآلات الخفيفة

وقاعدة القباب الطيارة بسيطة جدا غير أن استعمالها كان عسرا جدا ولم تظهر الا في سنة ١٧٨٣ مسيحية والفضل لمخترعها المعلم منغلفير فانه اطلق أول مرة وهو في مدينة تسمى آنوناي قبة كروية الشكل نصف قطرها ١٨ قدما فارتفعت في برهة يسيرة الى اكثر من ٦٠٠٠ قدم وكانت هذه القبة مكونة من غلاف من القماش مغشى بالورق وكان في جزئها الأسفل فتحة مساحتها بعض اقدام مربعة وكان بالقرب من اسفلها ظرف خفيف مملى بالاجسام القابلة للاحتراق فاذا اوقدت هذه الاجسام خف الهواء المحيط بها وخف وارتفع بسبب خفته في القبة فترتفع القبة حينئذ في طبقات الجو ولا تقف قبل ان تصل الى طبقة متخلخلة جدا ليكون ثقل الهواء المحذوف مساويا لثقل الهواء المتمدد والقماش والظرف ومتى تم الاحتراق سقطت القبة وبعد مضي بعض اشهر من استكشاف المعلم منغلفير عمل الغلاف من ورق مورنش ليصير خفيفا وعوض الظرف بزووق وأول من تجاسر وخاطر بنفسه على النزول في مركب سريعة العطب المعلم بيلاتر الذي هو من قرية روزيير والقباب المطلقة بالهواء المتمدد تسمى غالبا بالأجهزة المنغلفيريه

وقد كانت القباب الاولية خطرة بالكلية وذلك أن الغلاف كان قد يشتعل بالنار التي في الزورق أو يتمزق بتمدد الغاز الداخلي وكان يصعب ازدياد او نقص قوة الرفع اذا اريد الصعود او النزول وحيث كان حرارة الالتهاب لا تحدث في الهواء كثافة صغيرة جدا بالنسبة لكثافته الأصلية كانت القبة لا ترتفع الا الى ارتفاعات يسيرة وقد صارت الآن القباب التي يصعد فيها مجردة عن تلك العيوب فانها مكونة من غلاف من الحرير المورنش وتنتفخ بالايدروجين الذي هو اخف جميع الغازات ونصف كرتها الاعلى محاط بشبكة ضيقة العيون جدا خيوطها تنزل تحت الكرة وتحمل الزورق وفي رأس القبة بعض صمامات تنغلق بزنبلك وتنفتح عند الحاجة بواسطة حبل واصل الى الزورق وفي الجزء الأسفل من القبة فتحة يدخل منها غاز الايدروجين

ولا ينبغي نفخ القبة بالكلية من مبدأ الأمر لان طبقات الهواء العلوية متخلخلة فلا توازن بضغطها قوة مرونة الايدروجين فاذا كانت هذه القوة ثابتة وكان حجم الغاز القابل للتمدد ممنوعا منه تمزق الغلاف واما اذا ارتفعت القبة قبل أن تملأ بالكلية فان حجم الايدروجين يزداد شيأ فشيأ حتى يوازن الضغط الخارجي فاذا وصلت الى طبقة كثافتها نصف كثافة ما قبلها مثلا وقع على الغاز ضغط نصف ما كان عليه

فيأخذ بنا على قاعدة المعلم ربوت حجماً اكبر مما كان نعرتين ومع ذلك ينتج ان ثقل الهوآء المحذوف ثابت وان قوة الرفع ثابتة كذلك ومن هنا تحدث حركة عجلية ومتى انتفخت القبة انتفاخاً كلياً تناقصت قوة الرفع وصارت الحركة بطيئة ومتى وصلت القبة الى طبقة فيها ثقل الهوآء المحذوف مساو لثقلها بقيت فيه امتوازنة بعد جملة اهتزازات ولا ينبغي رفع القبة كثيراً بعد انتفاخها كلياً بالغاز لانه يخشى من تمزق الغلاف ولمنع هذا التمزق ينبغي ان لا تغلق الفتحة السفلية من القبة ابداً واذا اريد رفع القبة كفى في ذلك قوة رفع قدر ٤ كيلوجرامات أو ٥ ولا ينبغي أن يعطى لها قوة ٥٠ أو ٦٠ كيلوجراماً لأن هذه الزيادة غير مفيدة وربما اضرت

واذا اراد المسافر في الهوآء أن ينزل اخرج قليلاً من الايدروجين بفتح الصمام فينقص حجم القبة بخروج هذا الغاز فيصير الهوآء المحذوف اقل مما كان وتصير منقادة الى مدافعة قليلة رأسية وتنجذب ايضاً في سقوطها بواسطة قوة ثابتة لتناقص الكمية المحذوفة من الهوآء وتزايد كثافة هذا الغاز بمعنى انه كلما تزايدت كثافة الغاز تناقصت كمية الهوآء المحذوف ويمكن أن يبطئ المسافر المذكور في سرعة سقوطه وذلك بأن يُسقط جزأً من الصابورة التي اهتم بأخذها معه ويمكن ايضاً اذا استطاع كمية كافية أن يصعد ثانياً اذا كان المحل المراد نزوله به خطراً وأن ينتظر ريحاً شديداً يجذبه الى محل مناسب ومعرفة الصعود أو النزول سهلة بواسطة البارومتر ويمكن ايضاً قياس الارتفاع الذي يصل اليه وذلك بأن يرصد البارومتر المذكور في اعلى محل صعد اليه

والغالب أن يأخذ مسافر الهوآء مانعة السقوط معه وهي عبارة عن قماش مستدير متسع يحمل زورقاً صغيراً بواسطة حبال مربوطة على دائرته فتنفرد مانعة السقوط بمقاومة الهواء وتنزل ببطئ بسبب مقاومة الهوآء لسطحها المتسع وكانت قد اخترعت في مبدأ الأمر لحفظ مسافر الهوآء الذي تتمزق قبته في الجو وطالما استعملت بدون أن يضطر اليها

ومبادرة الناس بالاسفار الكثيرة في القباب الطيارة واهتمامهم بها انما هو لغرض علمي فان المعلم بيوت والمعلم غايلوساك صعدا معاً في مدينة باريس سنة ١٨٠٦ مسجية الى ارتفاع ٤٠٠٠ متر وصعد المعلم غايلوساك وحده مرة اخرى حتى وصل الى ارتفاع ٧٠٠٠ متر وكان البارومتر الذي معه يدل على ٧٦,٥٠ سم في مبدأ الصعود وأما نهاية الصعود فكان البارومتر فيها لا يدل الا على ٣٢,٨٨ سم وكان الترمومتر الذي معه يدل على ٣١ تقريباً عند مبدأ الصعود ونزل عند نهايته الى ١٠ تحت درجة الثلج الذائب وهوآء تلك الطبقات العليا جاف بالكلية حتى ان الأجسام الرطبة التي تصل

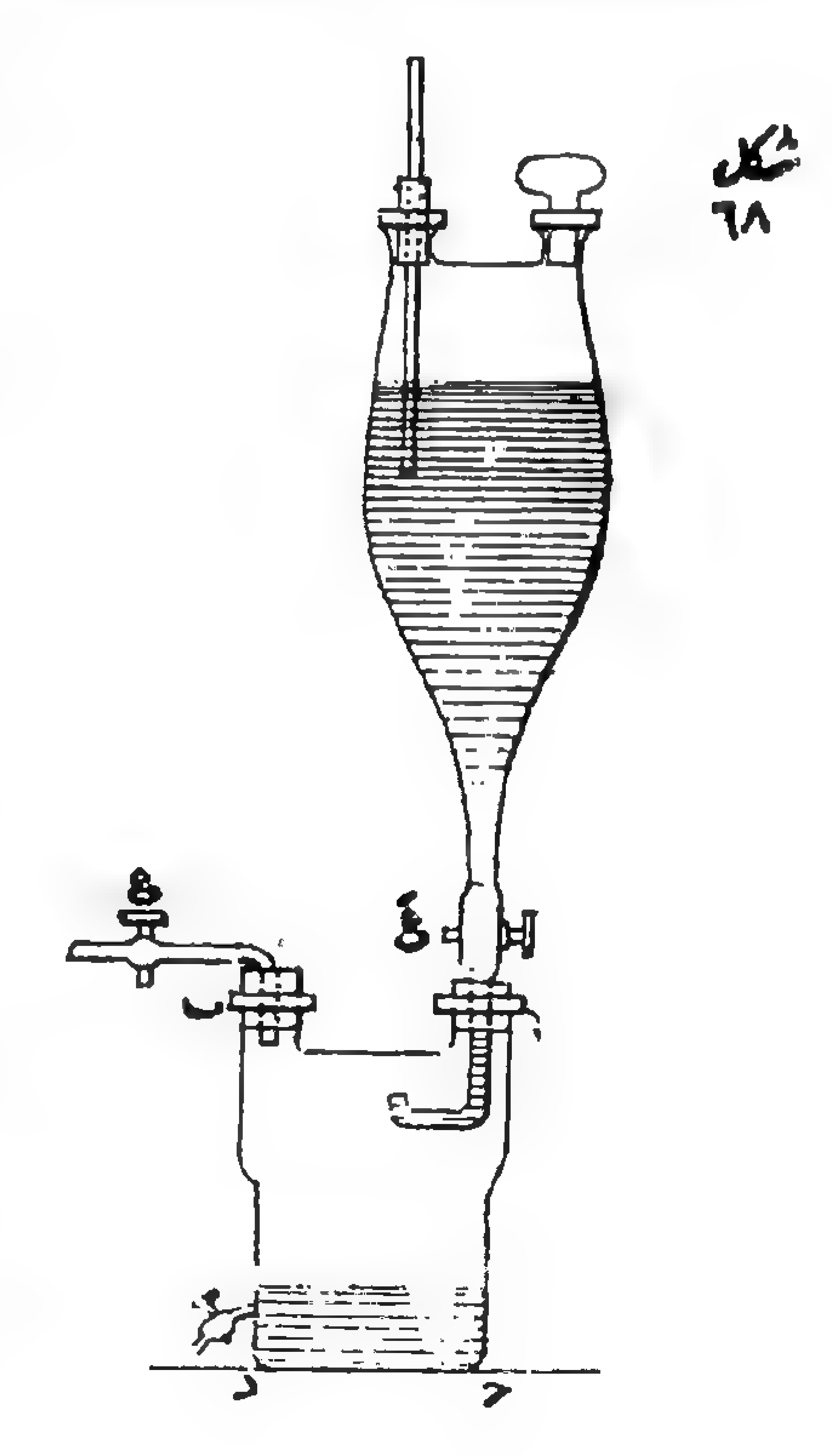
اليها تجفيفها الّا بواسطة التبخّر ويتدرّق الغزال فيها كما يكون امام النار وقد سافر المعلم غايلوساك
من رصدخانة الفنون والصنائع الكائنة بمدينة باريس وعزم على النزول بالقرب من مدينة رووان
على بعد ٣٠ فرسخًا من مبدإ صعوده لكنه امتنع وبقي معلقًا في الجو مدة ست ساعات لاغراض طبيعية
فالحوادث الأصلية التي تحلّى بها العلم في هاتين السفرتين تتعلق بالشدة المغناطيسية للكرة الأرضية
وبالكهربائية الجوية وتركيب الهواء ودرجة حرارة الطبقات العليا

في تحرك الغازات

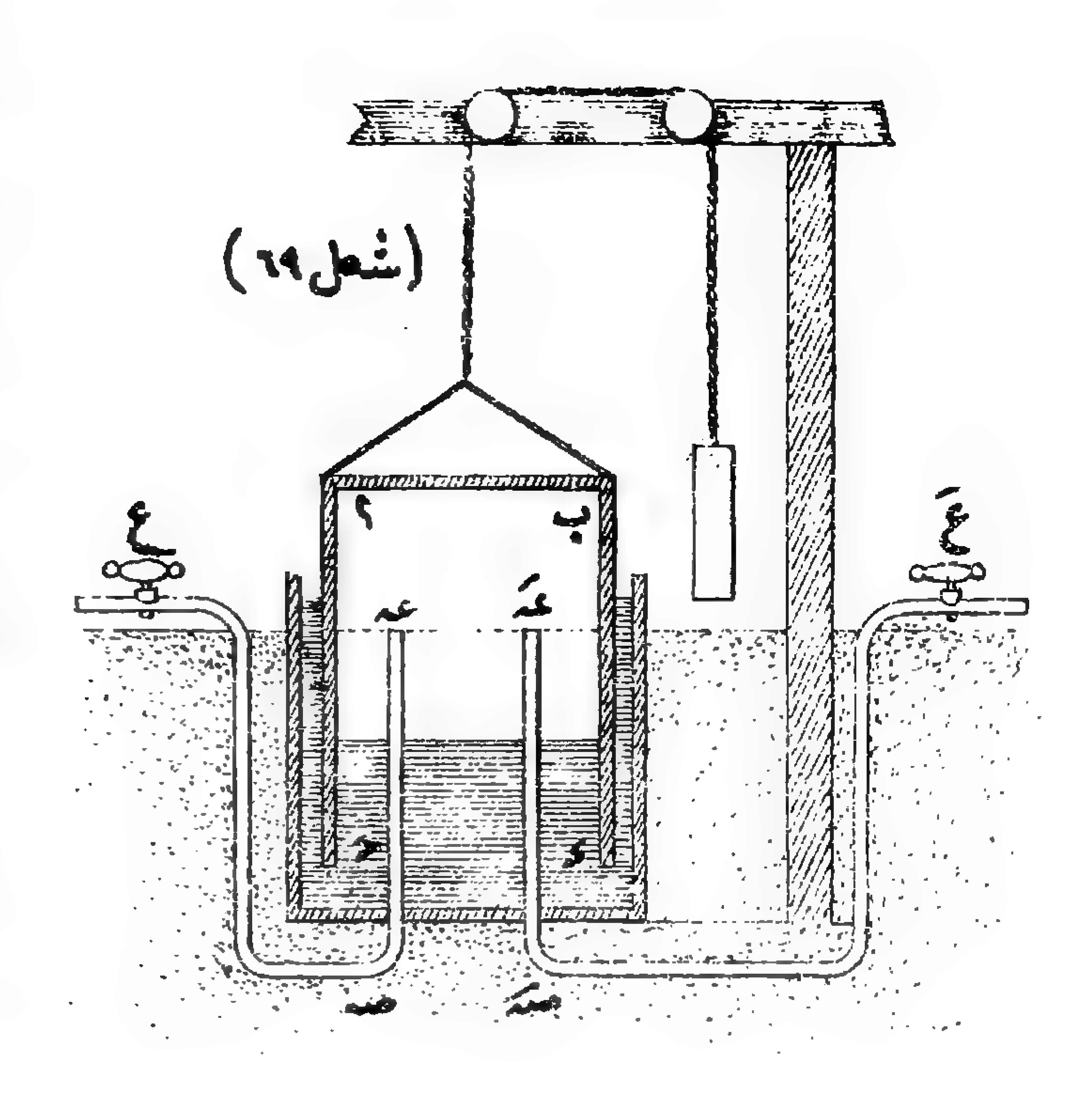
في تحركها المنتظم

٦٤ من المهم في عدة تجاريب طبيعية وتطبيقات صناعية معرفة تحرك غاز بكيفية منتظمة وقد
توصلوا الى ذلك بواسطة الغازومترات

فالغازومتر البسيط كما في (شكل ٦٨) عبارة عن مستودع ا ب ح د فيه انبوبة تحرك ويعلوه اناء المعلم
ماريوت فاذا فتحت الحنفيتان ع وعَ انطرد الغاز من المستودع
بسرعة منتظمة لان المائع الداخل فيه شغل احيازًا متساوية
في ازمنة متساوية ويمكن تكييف الغاز
بواسطة تحرك المائع السريع او البطيء


شكل ٦٨

فاذا كان الغاز قابلًا للذوبان في الماء حصر في مثانة مرنة توضع
في مستودع آخر فيصل الهواء المطرود بالمائع الى هذا المستودع ويضغط
ضغطًا منتظمًا على المثانة فيتحرك الغاز المحصور فيها بسرعة منتظمة
اما الغازومترات المعدة لتوزيع غاز الاستصباح فهي مؤسسة
على قاعدة اخرى ومن هذه الغازومترات البسيطة ما هو عبارة
عن اسطوانة ا ب ح د كما في (شكل ٦٩) متخذة من الحديد
المصفح المسمى بالصاج مفتوحة الاسفل ومغموسة في مستودع
مائي ومسوكة بسلسلة تتحرك على بكرتين في طرفها ثقل من الحديد
الزهر معد للموازنة وفي الالة المذكورة انبوبتان س ص غ و سَ صَ عَ لكل حنفية بموازنة تجسيم
الماء وبها وبواسطة تسويته معدة احداهما لتوصيل الغاز في الاسطوانة والاخرى لتوزيعه عند الحاجة



فاذا اريد ملأ الغاز وميتر غمس في قاع الحوض وفتحت الحنفيتان ع وعَ لاخراج الهواء ثم تسد الحنفية عَ وتجعل الأنبوبة س ص ع ه مستطرقة لاطراف المستودعات التي يتكون فيها الغاز فترتفع الاسطوانة فوق التسوية بمجرد أن يملاها الغاز ولاجل توزيع الغاز يكفي فتح الحنفية عَ لان الاسطوانة بضغطها على الغاز يحدث فيه قوة تزيد عن ضغط الجو ويقاس زيادة هذه القوة بفرق ارتفاع ما الحوض عن ما الاسطوانة

ولا ينبغي ان تتجاوز الفرق ٥ سنتيمترات أو ٦ ويشترط ان تبقى ثابتة لينتظم التحرك وهذا الشرط مستوفى بوجه بديع وبغمس الاسطوانة في الما يضيع جزء من ثقلها فان السلسلة بتحركها على البكرة ترفع المقاوم فيزيد ثقل الاسطوانة بقدر ما ضاع من ثقلها فاذا غمست الاسطوانة الى ميتر واحد نقص من ثقلها مقدار ثقل ميترين من السلسلة وهذا الثقل يساوي ثقل الما المحذوف بالجزء الاسطواني المغمور

في سرعة الغاز في المنفذ

بند تعين سرعة الغازات كما تقدر سرعة الموائع بواسطة نظرية المعلم ترسلي كما في علم الايدروليكا فاذا فرضنا تصرف غاز الفراغ يقدر ارتفاع عموده الذي كثافة جميع طبقاته عين كثافتها في المنفذ وثقله يحدث الضغط فسرعة الغاز في المنفذ تساوي سرعة سقوط جسم في الفراغ من اعلى هذا العود فحينئذ اذا رمزنا للارتفاع بالحرف ر ولسرعة التحرك بالحرف س والجذب الارض الذي قدره ٩٫٨٠٨٨ م بالحرف ح حدث لنا $س = \sqrt{٢ ح ر}$

ومن حيث ان ارتفاع عمود الهواء المتجانس ذي الكثافة الواحدة من علاه الى تسوية البحور يساوي ٧٩٥٤ م

فتكون سرعة هذا الغاز عند تصرفه فى فراغ ٣٩٥ فى الثانية الواحدة واذا تزايد ضغط الهواء بسبب كثافة بقيت سرعته بعينها لان تناقص ارتفاع العمود يعادله تزايد الكثافة وتناقص الكثافة يعادله تزايد ارتفاع العمود

وسرعة الغازات تتغير بتغير كثافتها عند تصرفها فى الفراغ فاذا كانت كثافة الغاز ضعف كثافة الهواء كان ارتفاع عمود الغاز المتجانس نصف عمود الهواء المحدث للضغط بعينه واذا كانت كثافة الغاز ثلاثة امثال كثافة الهواء كان ارتفاع عمود الغاز ثلث عمود الهواء المحدث للضغط بعينه وهكذا فحينئذ اذا رمز لكثافة الغاز منسوبة لكثافة الهواء بالحرف ك ولاحظنا ان العدد ٧٩٥٤م عبارة عن ارتفاع عمود الهواء المتجانس فى جميع الضغوط حدث لجميع الغازات ر = $\frac{٧٩٥٤م}{ك}$

وينتج من ذلك ان السرعة س = $\frac{٣٩٥م}{\sqrt{ك}}$ فتحصل سرعة الغاز عند تصرفه فى الفراغ بقسمة سرعة الهواء على الجذر التربيعى لكثافة الغاز فالايدروجين الذى هو اخف جميع الغازات يتصرف فى الفراغ بسرعة اكبر مما عداه من الغازات وسرعته تقرب من ١٥٠٠م فى الثانية مع ان قلة المدفع عند خروجها منه انما تكون سرعتها من ٩٠٠م الى ١٠٠٠م

فاذا لم يكن التصرف فى الفراغ فسرعة الغاز تتعلق بتضاغطه وبالضغط الواقع على المنفذ فتكون مساوية لسرعته فى الفراغ اذا تصرف بقوة مساوية للفرق بين تضاغطه والضغط الواقع على المنفذ فالهواء مثلا المضغوط بما يساوى ثقل جو ين يتصرف فى الهواء المعتاد بقوة يلزم لتصرفه بهذه القوة عمود يساوى نصف ٧٩٥٤م وحينئذ تكون سرعته ٢٧٩م فى الثانية الواحدة

ثم ان عرق السائل من الغازات ينقبض كما ينقبض عرق السائل من المائع ويشاهد هذا الانقباض فى الغاز اذا صحبه دخان ويتضح بالفرق بين النتائج النظرية ونتائج التجربة والمصرف فى العمل ثلثا المتصرف فى النظر والوصل يكيف المتصرف ايضا والوصلة المخروطية تقريبا تزيد التصرف بمقدار نسبة ١٤٥ الى ١٠٠

ان كثافة الغاز المضغوط بجو واحد وحينئذ تكون كثافة الهواء المعتاد ضعف كثافة الغاز

فى التأثير الناشئ عن التصرف

يتولد السوائل المرنة المتوازنة فى الأوانى تضغط على الجدران ضغوطا متماثلة فاذا تحركت وخرج منها ضغط على قطع المنفذ وحيث ان قوى الضغط متعادلة تعادلا كليا تجذب الآنية الى اتجاه مضاد لاتجاه التحرك يظهر لك هذا بالبارم الغازى وهو كما فى شكل (٢١) جهاز صغير كالبارم الايدروليكى

يمكن

يمكن وضعه فى حنفية مثانة ودارته بالاختيار على محوره فيدور بمجرد طرد الهواء من المثانة وبهذا التأثير تتضح قهقرة الاسلحة النارية وصعود السواريخ وجميع حركات الالات الطبيعية

شكل ٧٠

بند ٦٢ اذا تصرف غاز محصور من منفذ قطره سنتيمتر أو سنتيميترات نشأ عنه حادثة شهيرة شوهدت اول مرة فى كيران مدينة فورشا نبولط وذلك انه كان على منفذ احدها قرص من الخشب او من معدن يندفع او لاثم ينجذب ثم يندفع اى أنه كان يهتز امام الجدار ويلتصق به حين تحرك الغاز وتوضيح هذه الحادثة أن يقال ان القرص اذا كان قريبا من المنفذ لكى يملا الغاز المسافة التى بين وجه هذا القرص وسطح المنفذ يكون وجها القرص منقادين لقوتين متساويتين فالوجه المستدير الذى يلى المنفذ ينضغط بمرونة الغاز والوجه الآخر ينضغط بالهواء الجوى لكن الضغط الجوى ثابت ويقتضى تقريب القرص وضغط الغاز متغير بتغير تمدده ويقتضى تبعيده فاذا مس القرص المنفذ أو كاد أن يمسه ووقع عليه من الغاز ضغط ارجح اندفع القرص فاذا بعد انتشر الغاز وتناقصت مرونته فيصير ضغطه اقل من ضغط الجو وحينئذ يندفع القرص جهة المنفذ ثم لا يزال يتردد هكذا

ويمكن تحصيل هذه الحادثة بان يجعل للمنفاخ المعتاد سدادة اوسع من فتحته وان يوضع على ظاهر هذه الفتحة قرص من مقوى فاذا نفخنا بقوة التصق القرص على الفتحة واهتز جملة اهتزازات قليلة الامتداد بدلا ان ينقذف فى تيار الهواء ومن المفيد فى التجربة أن يوضع بعض مسامير عمودية لمنع الاهتزازات الجانبية التى تسقط القرص بعيدا عن الفتحة

الباب الخامس

الدرس الثانى عشر

فى الاكوستيك أى فن السماع

فى تولد الصوت وفى انتشاره وفى انعكاسه

فى موضوع الاكوستيك

بند الغرض من الاكوستيك معرفة الصوت واهتزازات الاجسام المرنة
علم الموسيقا انما يبحث فيه عن الاصوات بالنظر للاحساسات والملاذ البشرية المطربة
واما الاكوستيك فانما يبحث فيه عن خواص الأصوات وبقطع النظر عن تلك الاحساسات

فى الصوت وفى الفرقعة

بند ٦٩ الصوت حادثة مخصوصة تحصل فى السامعة من الحركة الاهتزازية للأجسام
بانتقال هذه الحركة اليها بوسط مادى

وليست جميع الاصوات واحدة بل متميزة تميزًا كليًا بحيث يمكن مقارنتها ببعضها وتعيين
مقاديرها النسبية

ولنذكر هنا الفرق بين الصوت والفرقعة فنقول أن الصوت الحقيقى أو صوت الموسيقا
عبارة عن حادثة مستمرة يمكن تقويم مقدارها الموسيقى بخلاف الفرقعة فانها حادثة
ذات مدة قصيرة لا يمكن تقويم مقدارها وذلك كفرقعة المدفع
والأولى أن يقال ان الفرقعة مخلوط مركب من عدة حوادث غير متطابقة كفرقعة انتشار الصاعقة
وتلاطم الامواج ومع ذلك فالفرق بين الصوت والفرقعة غير ظاهر فان الاسماع الحادة يمكنها
ان تعيين المقدار الموسيقى للفرقعة الناشئة عن عربة جارية على الحجر النحت

فى سبب الصوت

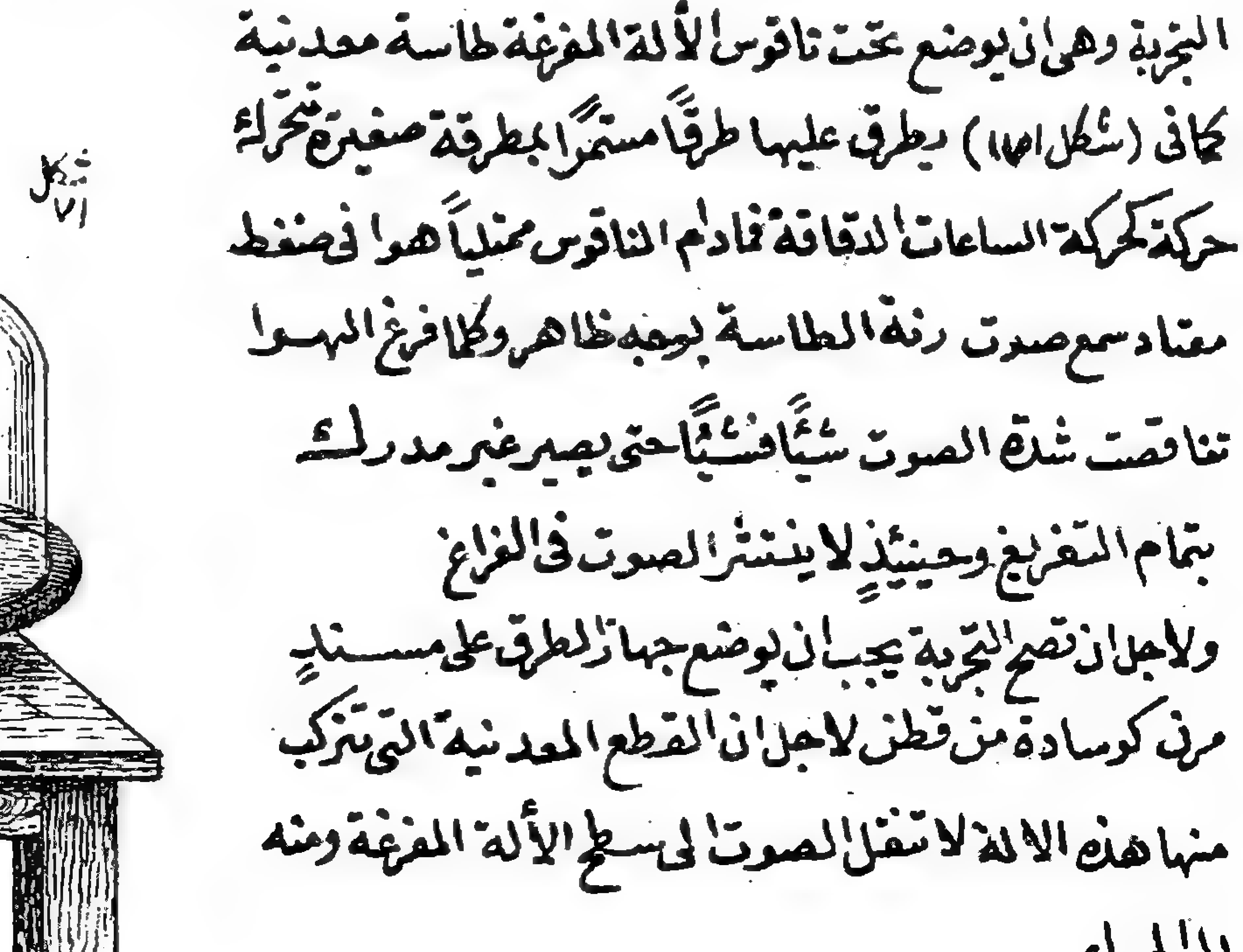
فى سبب الصوت

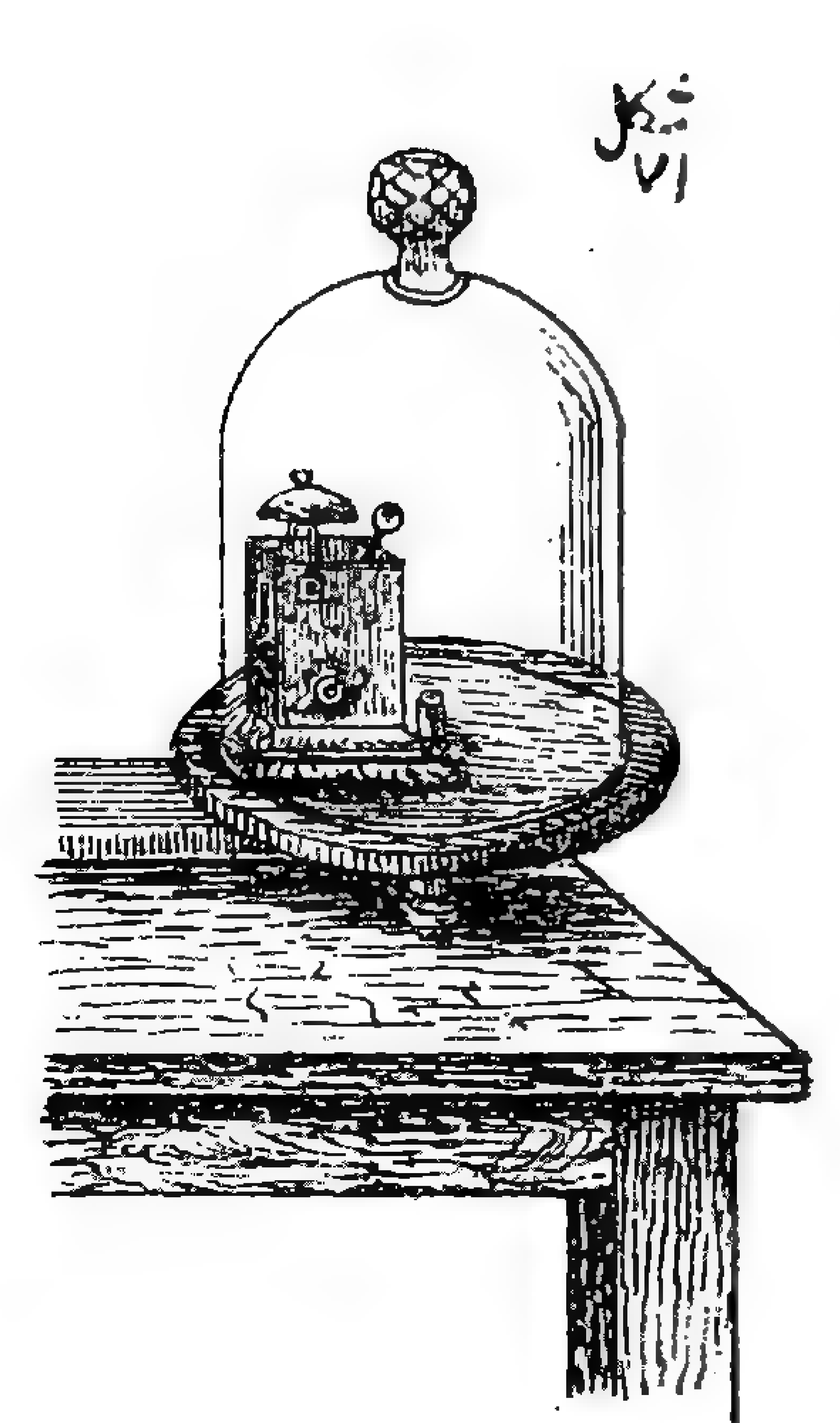
بند ٦٧ الصوت ينتج دائمًا من اهتزازات سريعة فى عناصر الاجسام المرنة اى اضطرابات تحدث فيها حالة توازنها بنحو صدم أو احتكاك فتميل حينئذ الى ان تعود الى وضعها الأول لكنها لاترجع اليه الا بعد ان تحدث حوله جملة حركات اهتزازية مترددة سريعة جدًا تتناقص سعتها بسرعة

والجسم المرنان هو الذى يتولد عنه صوت والاهتزاز البسيط حركة ذهاب العناصر الاهتزازية أو ايابها والاهتزاز المركب حركة ذهاب العناصر وايابها معًا ويسهل تمييز الاهتزازات بواسطة التجربة فانك اذا اسقطت رملًا ناعمًا دقيقًا على جسم قابل للاضطراب ثم احدثنا فيه حركة اضطرابية تحرك هذا الرمل بسرعة وما ذاك الا من اهتزازات عناصر الجسم واذا قبضنا على وتر موتر لبس بالطول جدًا وتركناه ظهرت فيه اهتزازات

فى عدم انتشار الصوت فى الفراغ

بند ٦٨ اهتزازات الأجسام المرنة لايدرك الصوت الناشئ عنها الا بوسط مادى كاين بين السامعة والجسم المرنان ومهتز باهتزازه وهذا الوسط هو الهوا ونحوه من الغازات والابخرة والموايع والاجسام الجامدة فانها كلها تحمل الصوت ايضًا والدليل على انه لابد من وجود الوسط المادى فى انتشار الصوت التجربة وهى ان يوضع تحت ناقوس الألة المفرغة طاسة معدنية كما فى (شكل ١٧١) يطرق عليها طرقًا مستمرًا بمطرقة صغيرة متحركة بحركة الساعات الدقاقة فمادام الناقوس ممتليًا هوا فى ضغط معتاد سمع صوت رنة الطاسة بوجه ظاهر وكلما فرغ الهوا تناقصت شدة الصوت شيأ فشيأ حتى يصير غير مدرك بتمام التفريغ وحينئذٍ لاينتشر الصوت فى الفراغ





ولاجل ان تصح التجربة يجب ان يوضع جهاز الطرق على مسند مرن كوسادة من قطن لاجل ان القطع المعدنية التى تتركب منها هذه الالة لاتنقل الصوت الى سطح الألة المفرغة ومنه الى الهواء

ويمكن اجراء هذه التجربة اجراء بسيطاً بواسطة قبة من زجاج ذات حنفية فيها جرس صغير معلق في خيط فاذا تحركت القبة وهي ممتلئة من الهواء سمع الجرس وبعد تفريغ الهواء الموجود فيها بواسطة الآلة المفرغة لا يسمع شيء ابداً

في انتشار الصوت في جميع الأجسام المرنة

٦٩ — اذا ادخلنا بعد عمل الفراغ في التجربتين المتقدمتين غازاً ما وبخاراً في المستودع او في القبة سمعنا صوت الجرس او الطاسة سماعاً جيداً وهذا يدل على ان الصوت ينتشر في الغازات وفي الأبخرة كما ينتشر في الهواء

وينتشر الصوت ايضاً في الموايع فانه اذا تصادم جسمان في الماء سمع تصادمهما وايضاً الغطاس الذي في قرار الماء يمكنه ان يسمع ما يقال على الشاطئ اذا لم يكن الماء عميقاً

واما الجوامد فان توصيلها للصوت يكون اشبه بدوي فان لحية الريشة مثلاً اذا امست طرف قطعة من الخشب سمع الانسان صوت احتكاكها من الطرف الآخر اذا لم يكن الطرف بعيداً عن الاخر جداً وحينئذ تكون قطعة الخشب من الموصلات ومن الموصلات للصوت ايضاً الأرض فانك اذا وضعت الاذن عليها بالليل الهادي سمعت صوت وقع اقدام الخيل ودوياً اخر على ابعاد عظيمة

في كيفية انتشار الصوت في الهواء

٧٠ — لأجل تفهم نظرية انتشار الصوت نعتبر حالة انتشاره في انبوبة اسطوانية غير محدودة فنقول ليكن م ن كما في (شكل ٧٢) انبوبة ممتلئة من هواء ذي ضغط ثابت ودرجة حرارة كذلك وفي هذه الأنبوبة مكبس ك يتردد بسرعة عظيمة من ا الى اَ وبالعكس فاذا مر هذا المكبس من ا الى اَ ضغط الهواء الموجود في الأنبوبة ومن حيث ان هذا السائل يقبل انضغاطاً عظيماً لا ينحصر التكاثف في جميع طول الأنبوبة بل

فى الجزء أ س من طولها ويسمى ماتكاثف فى هذا الجزء بالموجة المتكاثفة

وليست جميع اجزاء الموجة المتكاثفة متساوية فى الكثافة ولا فى السرعة لان المكبس فى حركة ذهابه وايابه يتحرك بسرعة متغيرة وذلك ان سرعته المتقدمة فى ا تتزايد بالتوالى الى وسط مجراه ثم تتناقص الى النقطة أ فتنعدم فيها ثانياً ومن هنا ينتج فى الموجة أ س كثافات الهواء وسرعه المتغيرة بتغير سرعة المكبس اما سرعة الهواء فى النقطة أ التى فيها المكبس ساكن فانها تنعدم ويعود هذا السائل الى كثافته الأصلية واما سرعته وكثافته فى النقطة س التى تنتهى اليها الموجة فانهما تكونان عينى السرعة والكثافة الكائنتين فى النقطة أ غير ان هذه المقادير تتزايد فى النقط المتوسطة من ابتداء النقطة أ الى المقطع المتوسط للموجة ا س ثم تتناقص بعد ذلك الى النقطة س

فاذا تصورنا ان الأنبوبة هرن مقسومة الى اطوال كل منها مساوٍ للطول أ س ومنقسماً الى طبقات موازية للمكبس ظهر بالحساب ان الوقت الذى تسكن فيه الطبقة الأولى من الموجة أ س تبتدأ فيه الطبقة الأولى من الجزء س سَ بالتحرك ثم اذا سكنت الطبقة الثانية من الموجة أ س وصلت الحركة للطبقة الثانية من الجزء س سَ ولا تزال تنتقل الحركة من طبقة الى اخرى فى الأجزاء سَ سً و سً سٌ وهلم جرا وحينئذٍ تتقدم الموجة المتكاثفة فى الأنبوبة بحيث ان كلاً من اجزائها يمر على التوالى بدرجات واحدة من السرعة والكثافة

ثم اذا رجع المكبس فى الاتجاه أ ا حدث خلفه فراغ تنتشر فيه طبقة الهواء المماسة للوجه الخلفى للمكبس فاذا انتشرت الطبقة التالية لها رجعت الأولى لحالة كثافتها الأصلية وهكذا من طبقة الى طبقة بحيث اذا رجع المكبس الى ا حدثت موجة متخلخلة متحدة الطول مع الموجة المتكاثفة وتابعة لها على التعاقب فى الأنبوبة الأسطوانية التى تنتشران فيها معاً لأن سرعة الطبقات المتناظرة فى كل من الموجتين متساوية ومتضادة

وينشأ عن مجموع الموجة المتكاثفة والموجة المتخلخلة تموج واحد يشتمل على جزء عمود الهواء المكيف بذهاب المكبس وايابه وطول التموج او عرض الموجة هو المسافة التى يقطعها الصوت فى مدة الاهتزاز التام للجسم المحدث لهذا الصوت

ولا صعوبة فى الانتقال عن نظرية حركة الموج الصوتى فى اسطوانة الى نظرية حركته فى وسط غير

غير محصور من جميع الجهات بان يطبق ما ذكرناه فى المكبس المتحرك فى انبوبة على كل عنصر من الاجسام المهتزة فيتصور انه يحدث حول كل مركز من مراكز الاهتزاز جملة من الموج الكروى المتكاثف والمتخلخل على التعاقب وحيث ان الموج المذكور واقع بين سطحين كرويين متحدى المركز يتزايد نصفا قطريهما بالتدريج مع ان عرض الموج يبقى واحدا فجسمه يزيد بمجرد تباعده عن مركز الاهتزاز ومن هنا ينتج ان السرعة الواقعة على العناصر تضعف بالتدريج وان شدة الصوت تتناقص

وهذا الموج الكروى يتكاثف ويتخلخل على التعاقب فبواسطته ينتقل الصوت فاذا اضطربت عدة نقط فى وقت واحد حدث حول كل منها جملة موجات مشابهة للجملة السابقة عليها وهذا الموج ينتقل بعضه وسط بعض بدون تكييف اطواله وسرعته فتارة تتراكم جملة من الموج المتكاثف المنتشر على جملة اخرى من جنسه وتنطبق عليها بحيث يحدث عنهما نتيجة مساوية لمجموع الجملتين وتارة تتقابلان معا فيحدث عنهما نتيجة مساوية لفاضلهما ويكفى فى بيان اعتقاد وجود الموجات معا ما يقع من رمى حصوات على سطح ماء راكد فى مدة نقط منه

فى الاسباب المغيرة لشدة الصوت

٧١ يتسند قوة الصوت او شدته تتكيف بعدة اسباب هى بعد الجسم الرنان عن السامعة وسعة اهتزازاته وكثافة الهواء فى المحل الذى يحدث فيه الصوت واتجاه تيار الهواء ومجاورة اجسام اخرى رنانة فاما شدة الصوت بالنسبة لبعد الجسم الرنان عن السامعة فانها مناسبة لعكس مربع بعد الجسم الرنان عن السامعة وهذا القانون الذى يبرهن عليه بواسطة الحساب ناشئ عن كيفية انتشار الموج الصوتى وحيث ان شدة اهتزازات الهواء فى كل موجة كروية فى نسبة عكسية لمربع نصف قطر المكورات اعنى لمربع البعد عن مركز دائرة الاضطراب تكون شدة الصوت كذلك اى مناسبة لعكس مربع البعد المذكور واما شدة الصوت بالنسبة لسعة الاهتزازات فانها تزيد بزيادة سعة اهتزازات الجسم الرنان وبناء على ذلك تزيد بزيادة سرعة اهتزاز الموج وتحقيق الارتباط بين شدة الصوت وسعة الاهتزازات يسهل بواسطة اوتار اهتزازية فانه اذا تناقصت سعة الاهتزازات ضعف الصوت

واما شدة الصوت بالنسبة لكثافة الهواء فى المحل الذى يحدث فيه فانها متعلقة بها وذلك انا اذا



اذا وضعنا تحت ناقوس الآلة المفرغة جهازاً دقاقاً يتحرك بحركة تشبه حركة الساعات الدقاقة سمعنا تناقص شدة الصوت بمجرد تخلخل الهوا

فان الأيدروجين مثلاً الذى كثافة اقل من كثافة الهوا بقدر ١٤ مرة تقريباً شدة الأصوات فيه اضعف منها فى الهواء بكثير مع ان الضغط واحد بخلاف حمض الكربونيك الذى كثافته اكثر من كثافة الهوا بقدر ١,٥٢ فان شدة الأصوات فيه اكثر من شدتها فى الهواء ومن حيث ان الهوا على الجبال الشامخة متخلخل جداً لا بد ان يتكلم الأنسان بصوت قوى حتى يسمع ولا ينشأ هنالك عن فرقعة سلاح النار الا صوت ضعيف

وبتطبيق الحسابات على انتشار الصوت فى جو مركب من طبقات مختلفة الكثافة ظهر للمعلم پواسون ان شدة الصوت فى المسافة الواحدة تتعلق بكثافة الهواء فى المحل الذى يتولد فيه الصوت اعنى ان الأنسان الكائن فى قبة بعيدة عن الأرض يسمع الفرقعة الحادثة على سطح الأرض بشدة تكون عين الشدة التى تحدث لو كان هو على الأرض وكان بعده عن محل الفرقعة المذكورة يساوى البعد السابق كما ان الفرقعة المتولدة فى القبة يسمعها الناس على سطح الأرض بشدة عين الشدة التى تحدث لو كان الناس فى عين الطبقة الجوية المذكورة التى فيها القبة الطيارة على بعد مساو لبعد القبة المذكورة عن الأرض

واما شدة الصوت بالنسبة لاتجاه الهواء فانها تتكيف باتجاه الرياح وذلك ان انتشار الصوت دائماً فى وقت الهدو اى سكون الريح اشد انتظاماً من انتشاره فى وقت هبوبه وان شدة الصوت على البعد الواحد فى اتجاه الريح اعظم منها فى غير اتجاهه

واما شدة الصوت بالنسبة لمجاورته لجسم رنان فانها تقوى وتزيد وذلك ان وتر الآلة الموتر فى الهواء المطلق لا يحدث الا صوتاً ضعيفاً اذا صار اهتزازه بعيداً عن كل جسم رنان واما الوتر الموتر فوق صندوق رنان كما فى القيثارة (وهى آلة ذات خمسة اوتار) والباس اى الكمنجة الغليظة فانه يحدث عنه صوت لجش اى غليظ ذو شدة وهذا ناشئ عن كون الصندوق والهوا المحصور فيه يهتزان مع الوتر وعلى هذا اسس استعمال الصناديق الرنانة فى الآلات ذات الأوتار

فى جهاز المعلم سياڤار لتقوية الصوت

بيان ولأجل بيان تأثير الصناديق المثلية من الهوا فى تقوية الصوت انشأ المعلم ساوريت

كما في (شكل ٧٦) جهاز لذلك وهو اناء على هيئة نصف كرة متخذ من النحاس يهتز بواسطة قوس
قوى التوتير وبالقرب منه اسطوانة مجوفة ب مصنوعة من المقوى مفتوحة الطرف الخلفي
ومسدودة الأخرى ويحملها بالارادة بواسطة مقبض وهذا الحامل مثبت على قطعة ح
تنزلق بدون عائق في رجل الجهاز وبها يمكن تبعيد الاسطوانة ب مع الارادة عن الاناء ا
فاذا وضع الجهاز كما هو مبين في الشكل وهز قويت الأصوات الحادثة عنه واستدارت



شكل ٧٦

بكيفية بحيث لا يمكن
تصورها الا بسماعها غير
ان الصوت يكاد ان يفقد
جميع شدته اذا دورت الأسطوانة
ويضعف بالتدريج اذا أخرت
وهذا يبين ان تقوية الصوت
ناشئة عن اهتزازات الهواء
المحصور في الاسطوانة

ولابد ان تكون الأسطوانة ب ذات عمق محدود في هذا الجهاز لاجل ان يهتز الهوا المحصور
فيها باهتزاز اناء النحاس فان لم تكن كذلك اهتز الأناء وحده
وقد ذكر المعلم وتردو ان القدما كانوا يضعون على التياترات اوانى رنانة لأجل تقوية صوت
اللاعبين

في تأثير الأنابيب في شدة الصوت

منيد القانون الذى قيل فيه ان شدة الصوت مناسبة لعكس مربع البعد لا ينطبق على الأصوات المنقولة
بواسطة الانابيب سيما اذا كانت اسطوانية معتدلة فان الموج الصوتي لا ينتشر حينئذ على
شكل كرات متحدة المركز متزايدة ويمكن ان ينتقل الصوت الى بعد عظيم بدون ان يتغير تغيرا ظاهرا
فقد حقق المعلم بيوت ان الصوت في انبوبة من انابيب توصيل المياه بمدينة باريس طولها
٩٥١ مترا فقد مقدارا قليلا جدا من شدته وان الحادثة من احد طرفي هذه الانبوبة الى الطرف

الأخر مكنة بصوت منخفض لكن اذا كانت اقطار الانابيب كبيرة او كانت جدرانها ذات اعوجاج ظهر ضعف الصوت فيها وهذا مشاهد فى الكهوف والمغارات واللغوم والماشى الطويلة ذات التعاريج ونحوها

وفايدة نقل الأصوات بالانابيب من محل الى اخر ظهرت اولًا فى انكلترة فان انابيب التكليم كانت معدة فيها لنقل الأوامر فى المصانيف والعمارات الكبيرة وهى انابيب متخذة من صمغ مرن قطرها صغير تمر بالحيطان من اودة الى اخرى فاذا تكلم الانسان بصوت مرتفع ارتفاعًا قليلًا واضعًا فمه على احد الطرفين سمع من الطرف الأخر كلامه متميزًا ظاهرًا

وقد تبين من تجاريب المعلم بيوت انه يمكن بها نقل الصوت من مدينة الى اخرى وحيث ان متوسط سرعة الصوت فى الثانية الواحدة ٣٣٧ مترًا فانه يقطع مسافة ٢٠ فرسخًا من الفراسخ التى قدر كل منها ٤٠٠٠ متر فى مدة اربع دقايق

الدرس الثالث عشر

فى سرعة الصوت فى الغازات

٧٤ حيث ان انتشار الموج الصوتى متعاقب لا ينتقل الصوت من محل الى اخر الا فى مدة اما طويلة واما قصيرة كما تبين من كثير من الحوادث فان قرقعة الصاعقة مثلًا لا تسمع الا بعد ظهور البرق مع ان القرقعة والبرق انما يحدثان فى السحاب معًا

وقد عملت تجاريب كثيرة لتبيين سرعة الصوت فى الهواء اى المسافة التى يقطعها فى الثانية الواحدة واخر تجربة كانت فى فصل الصيف سنة ١٨٢٢ مسيحية مدة الليل عملها اعضا جمعية الأطوال وذلك انهم انتخبوا محلين مرتفعين احدهما فى ويلجويف والثانى فى منتيرى بالقرب من باريس وجعلوهما مرصدين فكان يسيب فى كل عشر دقايق مدفع من كل مرصد فاما الراصدون الكاينون بمرصد ويلجويف فانهم سمعوا الاثنتى عشرة تسييبة الحاصلة فى منتيرى واما الراصدون الكاينون بمرصد منتيرى فلم يسمعوا الا سبع تسييبات من الاثنتى عشرة تسييبة الحاصلة فى ويلجويف وذلك لان اتجاه الريح كان مضادًا

وكان راصد وكل مرصد يكتبون بواسطة الكرونومتر (اى الساعة البحرية) المدة التى بين

لمعان النار وسماع الصوت وهي عين المدة التي استغرقها الصوت في انتقاله من مرصد الى آخر ومن
حيث ان المسافة بين المرصدين لا تبلغ الا ١٨٦١٢,٥٣ مترًا وان الضوء يقطع هذه المسافة في
زمن لا يمكن تقديره كما هو مقرر في فن الأبصار تكون المدة المتوسطة لانتشار الصوت من مرصد
الى آخر ٥٤,٦ ثانية فاذا قسمنا المسافة الكائنة بين المرصدين على هذا العدد تكون سرعة الصوت
في الثانية الواحدة ٣٤٠,٨٩ مترًا في ١٦° مئينية من الحرارة وهي درجة حرارة الجو وقت التجربة
وسرعة الصوت في الهواء تتناقص بتناقص درجة الحرارة فانها في ١٠° لا تبلغ الا ٣٣٧ مترًا
وفي ٠° لا تبلغ الا ٣٣٣ مترًا غير انها في درجة واحدة من الحرارة لا تكون مرتبطة بكثافة الهواء
ولا بالضغط فتكون السرعة المذكورة في الدرجة الواحدة من الحرارة واحدة لجميع الأصوات سواء
كانت هذه الأصوات قوية او ضعيفة غليظة او حادة وقد اثبت المعلم بيوت بالتجاريب المقدمة
المتعلقة بتوصيل الانابيب انه اذا نفخ الانسان في مزمار مركب في طرف انبوبة من حديد الزهر
طولها ٩٥١ مترًا حفظ الصوت مقداره في الطرف الثاني وهذا يدل على ان الأصوات المختلفة
تنتشر بسرع متساوية

وسرعة الصوت تختلف باختلاف الغازات ولو تساوت درجة الحرارة فقد وجد المعلم دولنغ
بواسطة الحساب ان سرع رنانة الأنبوبة الواحدة من الارغن في غازات مختلفة غير متساوية
في درجة ٠° كما يظهر لك من هذا الجدول

حمض الكربونيك	٢١٦ مترًا
اوكسيجين	٣١٧ مترًا
هواء	٣٣٣ مترًا
اوكسيد الكربون	٣٣٧ مترًا
ايدروجين	١٢٦٩ مترًا

في سرعة الصوت في الجوامد وفي الموايع

٧٥ سيد سرعة الصوت في الموايع اعظم من سرعته في الهواء بكثير فقد وجد كل من المعلمين كلادون
وستورم بواسطة التجاريب سنة ١٨٢٧ مسيحية على بحيرة جنوة ان سرعة الصوت

الصوت في الماء بلغت ١٤٣٥ متراً وهذا يزيد عن اربعة امثال سرعته في الهواء
واما سرعته في الجوامد فانها تزيد ايضاً عن سرعته في الهواء فقد وجد المعلم بيوت بتجربة
الانابيب المتخذة من حديد الزهر المعدة لتوصيل المياه ان الصوت ينتشر في حديد الزهر قدر انتشاره
في الهوا ١٠،٥ مرات وقد عين كل من المعلم كلادنى والمعلم ساوورت والمعلم ماسون والمعلم
ورتيم سرعة الصوت فيما عدى حديد الزهر من الجوامد بوجه نظرى وذلك بالبناء اما على عدد
الاهتزازات الطولية او العرضية للاجسام او على مكورمرونتها فوجدوا ان سرعة الصوت
في الاخشاب تزيد عن سرعته في الهواء من ١٠ مرات و ٢/٣ الى ١٦ مرة وان سرعته في المعادن
تزيد عن سرعته في الهواء من ١٠ مرات الى ١٦ مرة

في انعكاس الصوت

س ٧٦ متى لم يعارض الموج الصوتى معارض انتشر على صورة كرات متحدة المركز اما اذا عارضه معارض
فانه يتبع القانون العام للاجسام المرنة فيرتد الى عكس اتجاهه ارتداداً ايحدث عنه موج
جديد متحد المركز كان مركزه في الجهة الاخرى من المعارض وهذا ما يعبر عنه بالموج المنعكس
وبيان هذا الانعكاس كما في (شكل ٧٤) انه اذا جعل ق ح هو المعارض العاكس كان م ح ه د ن
عبارة عن موجة صوتية مركز اهتزازها في النقطة ا وكان ح ك د جزء هذه الموجة
المنعكس بواسطة المعارض وحيث ان الخط ا١ عمود على السطح العاكس ومنقسم الى قسمين
متساويين بواسطة هذا السطح
تكون النقطة ا مركزاً تقديرياً
للموج المنعكس
فاذا جعل ا ح رمزاً للاتجاه
الذى تتبعه نقطة ما من
الموجة م ح د ن وقت
انتشارها و ح س رمزاً
للعمود الواقع على السطح العاكس

(شكل ٧٤)

سميت الزاوية ا ح س بزاوية السقوط والزاوية ب ح س المتكونة عن الأمتداد ا ح بزاوية الأنعكاس

اذا علمت ذلك فاعلم ان انعكاس الصوت منقاد للقانونين الجاريين بعينهما فى مبحث كل من الحرارة والضوء ولنذكرها فنقول

القانون الاول ان زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط

الثانى ان زاوية الأنعكاس وزاوية السقوط لابد وان يكونا فى مستو عمود على السطح العاكس

وهذان القانونان وان ثبتا بالتجربة فى مبحثى الحرارة والضوء لا يمكن اثباتهما فى الصوت بالتجربة وبمقتضى القانونين المذكورين يتجه الصوت الذى كان منتشرًا فى الشكل المتقدم على الأتجاه ا ح فى الاتجاه ح ب بعد الانعكاس بحيث ان الراصد الكائن فى ب يسمع زيادة عن الصوت المبتدئ من النقطة ا صوتًا ثانيًا يظهر له انه صادر من النقطة ا

فى الصدى وفى الـرنة

٧٧ الصدى رد الصوت فى الهوآء بواسطة انعكاسه من بعض المعارضات ولاجل حصوله يجب ان يكون الصوت منعكسًا الى اتجاه الراصد وان يكون المعارض العاكس على بعد ١٧ مترًا اقلما هنالك ولا يمكن تمييز صوت عن آخر قبل مضى عشر ثانية من الصوت الاول وحيث ان سرعة الصوت ٣٤٠ مترًا فى الثانية يعلم من ذلك ان الصوت يقطع ٣٤ مترًا فى عشر الثانية فعلى هذا اذا كان المعارض العاكس على بعد ١٧ مترًا اقلما هنالك فالصوت يقطع فى ذهابه الى المعارض وارتداده ٣٤ مترًا بالاقل ويكون الزمن الماضى بين الصوت الأصلى والصوت المنعكس عشر ثانية بالأقل فحينئذٍ لا يختلط الصوتان ببعضهما ويصير الصوت المنعكس مسموعًا سماعًا واضحًا

وحيث انه يتلفظ عادة فى الثانية الواحدة بعشرة مقاطع هجائية ينتج مما ذكر انه اذا تكلم انسان بصوت مرتفع امام عاكس بعده عنه ١٧ مترًا لا يمكنه ان يميز الا المقطع الأخير المنعكس ويكون الصدى حينئذٍ ذا مقطع واحد واما اذا كان بعد العاكس عن المتكلم ضعف ١٧ مترًا او ثلاثة امثالها وهكذا كان الصدى ذا مقطعين أو ذا ثلاثة وهكذا

ومتى كان بعد السطح العاكس اقل من ١٧ مترًا اختلط الصوت الأصلى بالصوت المنعكس

ولا يمكن حينئذٍ سماع كل منهما على حدته بل يتقوى الصوت ويحدث ما يعبر عنه بالدوى وهذا ما يقع
فى الأواوين الكبيرة والاود الكبيرة العارية عن السقف فانها كثيرة الدوى بخلاف ذات
الأبسطة والمبسوطات من الجوخ فانها تتشرب معظم الصوت وبها تصير الاود صُمًّا

والصدى المضاعف هو رد الصوت الواحد مرارًا ويحصل ذلك اذا كان هناك معارضات
موضوع احدها بجزاء الأخر كحائطين متوازيين مثلاً فانهما يردان الصوت بالتعاقب
ويوجد من انواع الصدى ما يتكرر فيه رد الصوت الواحد عشرين او اثنين مرة كما يقع فى
برج سيمونيتا فى ايطاليا

وحيث كانت قوانين انعكاس الصوت عين قوانين انعكاس الضوء والحرارة فالسطوح المنحنية
يتولد عنها بؤر سمعية مشابهة للبؤر الضوئية والحرارية التى تحدث امام العاكسة
المقعرة فاذا تكلم انسان مثلاً تحت قبوة قنطرة من حجر وكان وجهه متجهًا جهة احد
الكتفين امكن تولد صوت اخر قريبًا من الكتف الأخر بشدة عظيمة بحيث تمكن المحادثة
بصوت منخفض بدون ان يسمعه احد الحاضرين الكائنين فيما بين المتحادثين

ويوجد فى ارضية محافظة الفنون والصنائع بباريس أودة مربعة ذات قبوة مقوصرة
بها تظهر هذه الحادثة ظهورًا واضحًا اذا وقف شخصان فى زاويتين منها متقابلتين
ومما ينبغى التنبيه عليه ان الصوت لا ينعكس من سطوح الأجسام الصلبة فقط كحوائط
البنآء والاخشاب والصخور بل ينعكس ايضًا من السحب ومن مقابلته لطبقة من الهواء
كثافتها مخالفة لكثافة الطبقة القاطع هو لها ومن اجزآء الضباب ايضًا ومن المشاهد انه اذا
كان الهواء ذا ضباب انعكست الأصوات انعكاسات جزئية وانعدمت بسرعة ولا مانع من
سماع الأصوات على بعد عظيم فى مدة الليل اذا كان الجو صافيًا هاديًا منتظم الكثافة

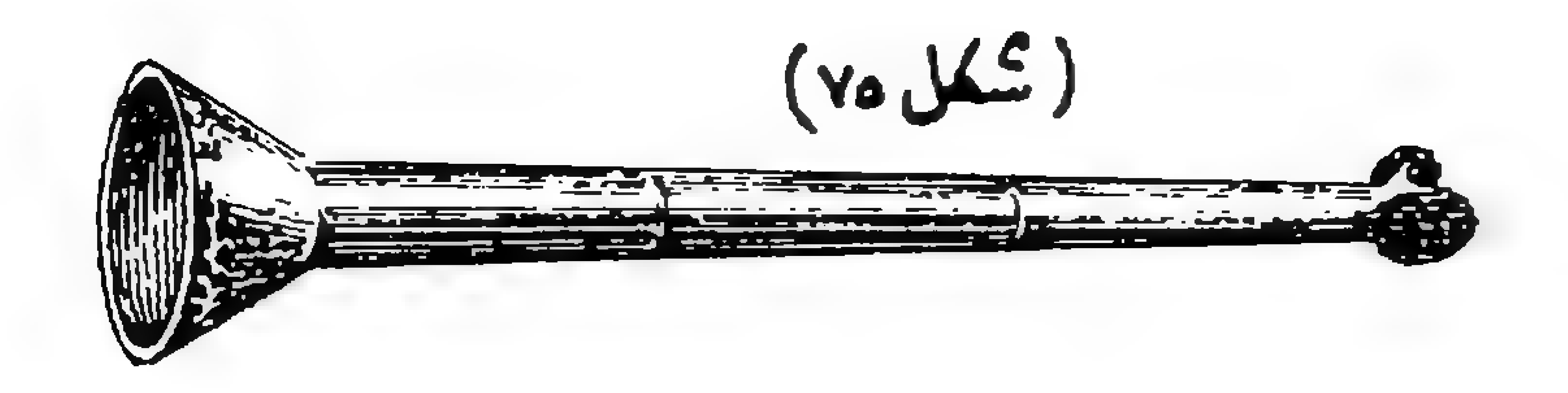
فى مرسلة الصوت وفى القرن السمعى

٧٨ - مرسلة الصوت والقرن السمعى آلتان صغيرتان مؤسستان على انعكاس الصوت
وعلى توصيل الأنابيب الأسطوانية

اما مرسلة الصوت فانها كما يدل عليها اسمها معدة لنقل الصوت الى ابعاد عظيمة وهى انبوبة

من صفيح أو من نحاس أصفر كما فى (شكل ٧٥) تكاد ان تكون مخروطية الشكل ومتسعة جدًا من احد طرفيها المسمى بالصيوان وهذه الآلة بالنفخ فى طرفها الآخر ترسل الصوت الى بعد عظيم

(شكل ٧٥)



مناسب لعظم ابعادها وحادثة الأرسال تتضح بواسطة الأنعكاسات المتوالية للموج الحادث من جدران الأنبوبة

وهى انعكاسات يميل بموجبها الموج الى التباعد قليلاً ويظهر بالحساب انه لابد فى نظرية هذه الآلة من اعتبار الزيادة التى تزيدها سعة اهتزازات عناصر الهواء بالقرب من الصيوان

واما القرن السمعى فانه يستعمل لمن خفاء السمع وهو انبوبة مخروطية من المعدن يوضع طرفها الضيق فى الصماخ وطرفها الثانى الشبيه بالصيوان معد لتلقى الصوت اعنى انه يتلقى الأصوات الصادرة من فم المتكلم وتنتقل هذه الأصوات بجملة انعكاسات فى داخل القرن بحيث أن الموج الذى ينتشر انتشارًا عظيمًا يتركز فى الجهاز السمعى ويحدث فيه تأثيرًا اعظم من الذى يصدر عن الموج الحقيقى المتباعد عن بعضه

الدرس الرابع عشر

فى اهتزازات الأوتار وفى عدد الأهتزازات الموافق لصوت معلوم

٧٩ - الأوتار فى فن السماع اجسام خيطية الشكل تكتسب مرونتها بواسطة التوتير وللأوتار المذكورة نوعان من الأهتزاز احدهما عرضى اى عمودى عليها والثانى طولى اى متجه فى جهة طولها

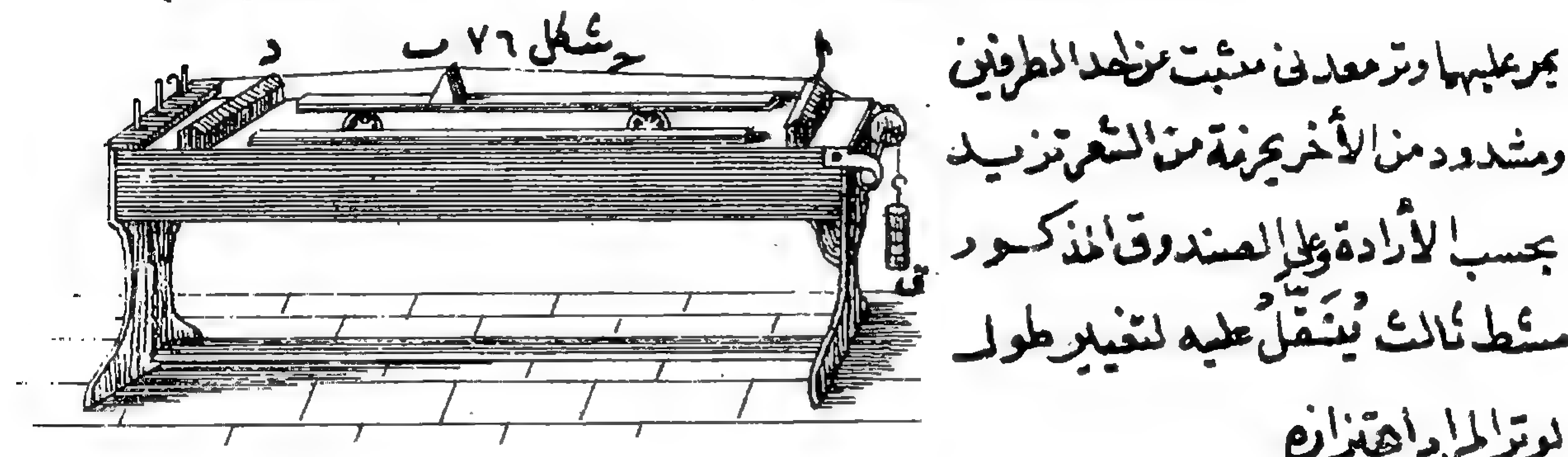
اما الأهتزاز العرضى فانه اضطراب يحدث بواسطة قوس كما فى الربابة او بالعفق على الأوتار ونزعها كما فى العود والقيثارة واما الاهتزاز الطولى فأنه اضطراب يتولد عن احتكاك

ابراهيم

احتكاك الأوتار في جهة طولها بواسطة قطعة من القماش مدهونة بالقلفونيا ولا نذكر هنا الا الأهتزاز العرضي فانه ضروري لنظري فن الموسيقا فنقول

في ميزان الصوت

س ٨٠ ميزان الصوت جهاز يستعمل لمعرفة الأهتزازات العرضية للأوتار ويسمى ايضًا بذي الوتر لانه لا يكون فيه الّا وتر واحد غالبًا وهذا الجهاز مصنوع من صندوق من الخشب الرقيق معد لتقوية الصوت وعلى هذا الصندوق مشطان ثابتان ا , د كما في (شكل ٧٦)



يمر عليهما وتر معدني مثبت من احد الطرفين ومشدود من الأخر بحزمة من الثقل تزيد بحسب الأرادة وعلى الصندوق المذكور مشط ثالث يُنَقَّلُ عليه لتغيير طول الوتر المراد اهتزازه

في قوانين الأهتزازات العرضية للأوتار

س ٨١ اذا جعلنا ل رمزًا لطول الوتر اعني الجزء المهتز الكائن بين المشطين ا , ب كما في الشكل المتقدم وجعلنا نق رمزًا لنصف قطر قطعه و ك لكثافته و ق للثقل الموتر له و ع لعدد الأهتزازات في الثانية الواحدة نجد بواسطة الحساب ان

$ع = \frac{1}{نق\,ل}\sqrt{\frac{ق}{ط\,ك}}$ و ط هي النسبة بين المحيط والقطر

ومن هذا القانون تؤخذ قواعد اربعة

الأولى اذا كان توتر الوتر ثابتًا فعدد الأهتزازات في زمن معين يناسب عكس طوله

الثانية اذا بقيت الفروض المذكورة بعينها فعدد الأهتزازات يناسب عكس نصف قطر الوتر

الثالثة عدد الأهتزازات الحادثة من الوتر الواحد يناسب جذر مربع ما توتر به من الأثقال

الرابعة اذا بقيت المؤثرات بعينها فعدد الاهتزازات الحادثة من الوتر الواحد يناسب عكس الجذر التربيعي لكثافته

وتحقيق القاعدة الأولى التي هي اهم القواعد المتقدمة بالتجربة ان يوتر وتر طويل بالكفاية وتحسب الأهتزازات التي تحدث منه في زمن معلوم

في العقد والخطوط العقدية

٨٢ سد اذا اهتز جسم فلا تهتز جميع اجزائه اهتزازاً واحداً بل يهتز كل من اجزائه المنقطعية المتداخلة باهتزاز يخصه فيوجد من هذه الأجزاء المختلفة نقط أو خطوط تهتز اهتزازاً ضعيفاً به تكاد ان تكون ساكنة بالنسبة لغيرها وهذه النقط والخطوط هي المسماة بالعقد وبالخطوط العقدية والأجزاء المهتزة المحصورة بين عقدتين او خطين عقديين تسمى بالأعنا ووسط الأعنا يسمى بالبطن وهو الجزء الذي تصل فيه السعة القوسية الى نهايتها الكبرى

ولأظهار العقد والبطون في الأوتار نثبت وترامنها من طرفيه ونمر تحته مشطاً صغيراً نوقفه على التوالي في ثلث الوتر ثم في ربعه ثم في خمسه فاذا كان المشط في الثلث كما هو مبين في (شكل ٧٦) وهو الجزء ب د بواسطة قوس ينقسم الجزء الأخر ا ب الى قسمين ا ح و ح ب يهتز كل منهما على حدته وتبقى النقطة ح كانها ثابتة ويتحقق ذلك بوضع قصاصات صغيرة من الورق احداها في النقطة ح والثانية بين ب و ح والثالثة بين ب و ا فاما القصاصة التي في النقطة ح فلا يحصل لها الا اضطراب خفيف بخلاف القصاصتان الأخريان فانهما يسقطان على بعد وحينئذ تحدث عقدة في النقطة الأولى وبطنان في النقطتين الاخريين واذا كان المشط في ربع الوتر حدث بين النقطة ا والنقطة ب عقدتان وثلاثة بطون واذا كان في خمسه حدث بين النقطتين المذكورتين ثلاثة عقد واربعة بطون وهلم جرا

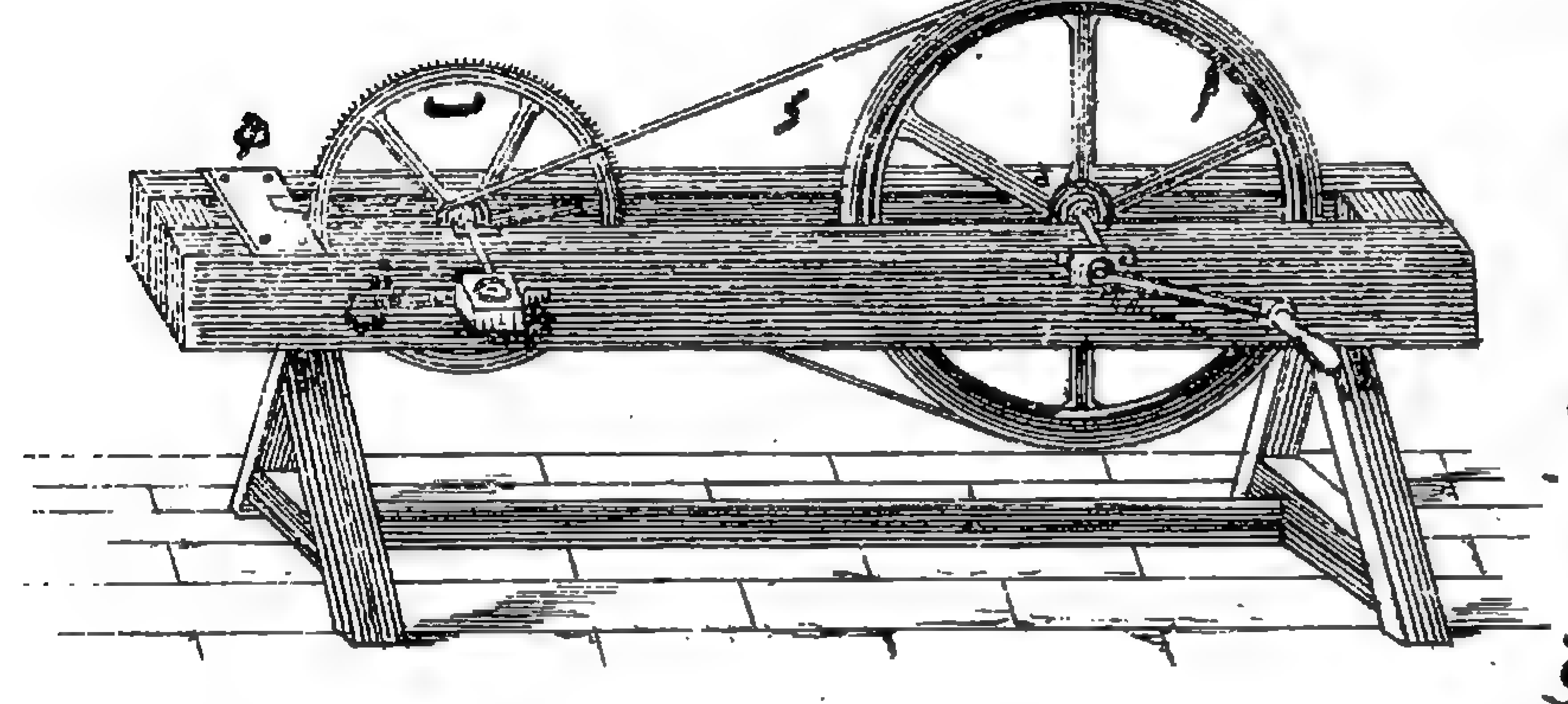
وسيأتي لنا كيفية تحقيق وجود وصورة الخطوط العقدية في الالواح والأغشية المهتزة

الدرس الخامس عشر

فى طارة المعلم ساڤرت المضرسة

هذه الطارة المنسوبة لمخترعها المعلم ساڤرت جهاز معد لمعرفة عدد الاهتزازات المطلق ٨٣ الموافق لصوت محدود وهو مركب من تخت متخذ من خشب البلوط مثبتة تثبيتا محكما وفيها قناة طولية عليها عجلتان ا ت ـ كما فى (الشكل ٧٧) اما الطارة الأولى فانها تحدث سرعة عظيمة فى الطارة الصغيرة واما الصغيرة المسننة فانها معدة لهز الخرطة ة المثبتة على التخت وبتصادم هذه الخرطة بكل سنة من اسنان الطارة الصغيرة

شكل ٧٧



عند دورانها تحدث اهتزازات كاملة بقدر ما يوجد من الأسنان ثم انه يوجد على وجه العجلة الصغيرة س عقرب يتحرك بتحرك محور الطارة المسننة ليدل على عدد الدورات فى الثانية الواحدة وكذا على عدد الاهتزازات

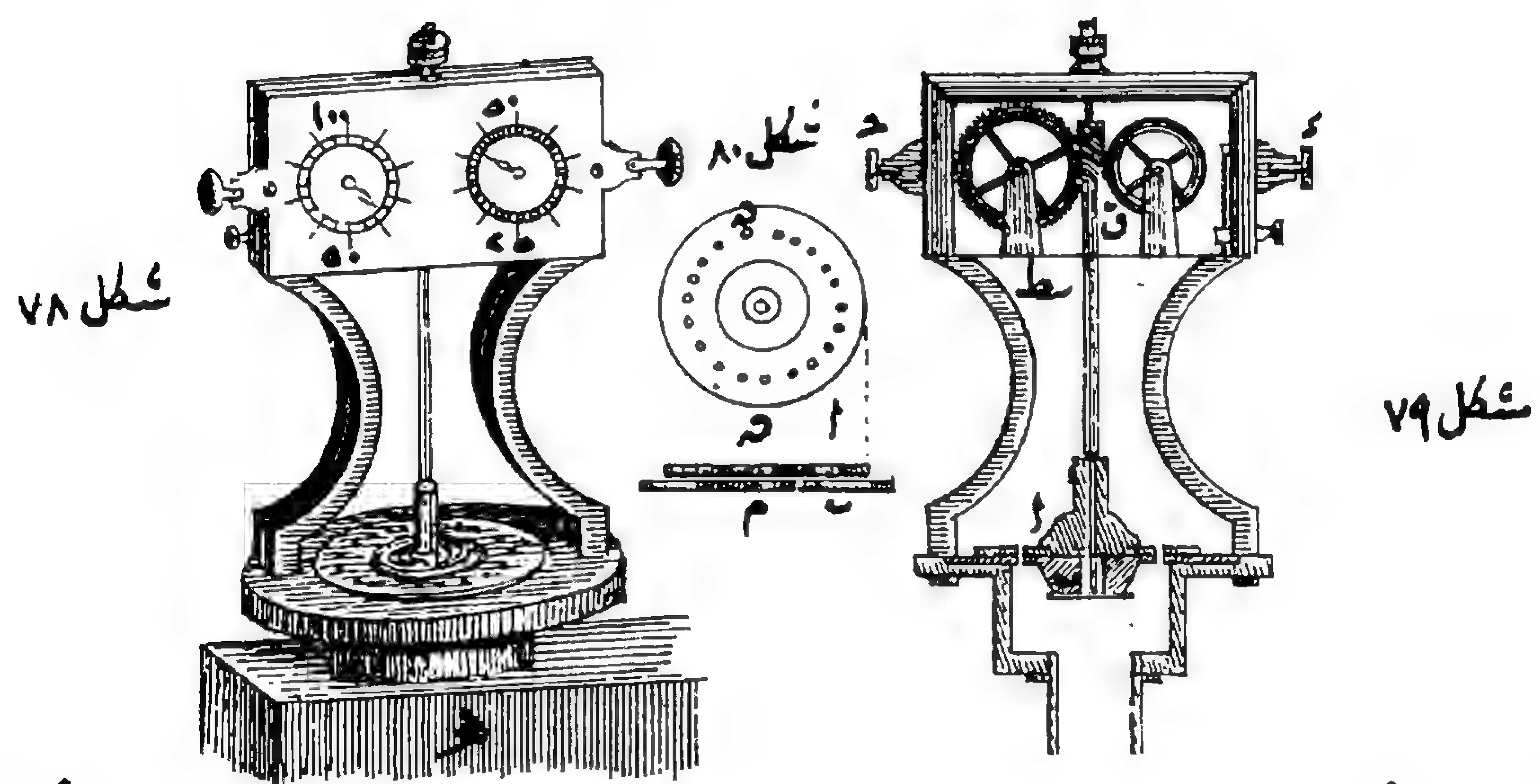
فاذا كانت حركة الطارة المسننة بطيئة سمعت التصادمات المتوالية للأسنان بالخرطة متميزة واذا زادت السرعة بالتدريج حدث صوت مستمر يرتفع شيئا فشيئا فاذا توصلنا بهذه المثابة لحدوث الصوت المراد معرفة عدد اهتزازاته داومنا على بقاء السرعة بعينها مدة معينة من التوالى فاذا قرأنا ما عليه العداد من عدد دورات الطارة المسننة ب نضرب هذا العدد فى عدد الأسنان وذلك لمعرفة عدد الاهتزازات الكلى فاذا قسمنا الحاصل على عدد الثوانى الموافق كان خارج القسمة عبارة عن عدد الاهتزازات فى الثانية الواحدة

فى بنت الماء

سيد بنت الماء آلة صغيرة لمخترعها المعلم كانيار دلاتور وتستعمل كطارة المعلم ماؤرت
٨٤
لقياس العدد المضبوط لأهتزازات جسم صوتى فى زمن معلوم وقد اطلق مخترعها هذا الأسم
عليها لانه يحدث عنها اصوات تحت الماء

ثم ان هذه الآلة متخذة من النحاس وارتفاعها من ١٠ سنتمترات الى ١٣ سنتمترا
كما فى (شكل ٧٨) موضوعة على صندوق منفاخ صورته كما فى (شكل ٨٤) ويستعمل لأرسال
تيار من الهواء فى بنت الماء

وقد تكفل شكلا ٧٩ و ٨٠ ببيان التفاصيل الداخلية لبنت الماء



فالجزء الأسفل مركب من علبة اسطوانية عليها صينية ثابتة ب يرتكز عليها ساق رأسى
سط يثبت فيه القرص ا الذى يدور بلا مانع بدوران الساق وفى الصينية
ثقوب استدارية على ابعاد متساوية وفى القرص ا عين العدد المذكور من الثقوب وبعدها
عن المركز ولمدكالثقوب الكائنة فى الصينية وليست الثقوب عمودية على مستويى الصينية
والقرص بل ثقوب الصينية مائلة بكمية واحدة وذات اتجاهات متوازية وثقوب القرص
مائلة ذات اتجاه مضاد لاتجاهات الاولى بحيث اذا تحاذت كانت مرتبة كما هى فى الوضع
م ه من (شكل ٨٠) وينتج من هذا الوضع انه اذا وصل تيار هوائى سريع من المنفاخ فى العلبة

ابراهيم

فى العلبة الأسطوانية وفى الثقب م دق جدران الثقب د ولحدث فى القرص ا حركة دوران متجهة فى الجهة د ا

ولاجل توضيح سرعة خفة بنت الما بالأختصار نفرض اولاً ان القرص المتحرك ا فيه ١٨ ثقباً وان الصينية الثابتة ب ليس فيها الا ثقب واحد وتد انطبق على احد الثقوب العليا فاذا دق هواء المنفاخ جدران هذا الثقب الاخير دقاً مائلاً دار القرص المتحرك وسد الجزء المصمت الكائن بين ثقبين متواليين ثقب الصينية السفلى فاذا دام القرص على الدوران بموجب سرعته المكتسبة تحاذى الثقبان ثانياً ونشأ عن ذلك دفعة جديدة وهلم جرا وهكذا الثابة يظهران المنفذ الأسفل ينفتح ١٨ مرة وينغلق كذلك مدة الدوران التام للقرص ومن هنا تنتج انفتاحات وانغلاقات يضطرب الهوا بسببها وينتهى باحداث صوت اذا كانت الدفعات المتوالية سريعة جداً واذا فرض الآن ان الصينية الثابتة ب فيها ١٨ ثقباً كالقرص المتحرك حدث عن كل ثقب ما حدث عن الثقب الواحد فيصير الصوت حينئذ اشد واقوى من الحادث اذا كان الثقب واحداً ١٨ مرة غيران عدد الاهتزازات لا يزداد

ولأجل معرفة عدد الأهتزازات الموافقة لصوت صادر عن الألة مدة حركة دورانها يلزم معرفة مقدار عدد دوران القرص ا فى الثانية فلذلك يوضع على انساق ط بريمة غير منتهية توصل الحركة الى طارة ذات ١٠٠ سنة تتقدم بسنة فى كل دورة من دوران القرص وفى هذه الطارة وتد ه يقدم فى كل دورة طارة اخرى سنة واحدة وهذه الطارة الأخيرة هى المرسومة فى الجهة الشمالية من شكل (٧٩) ومحوراهاتين الطارتين يحركان عقربين على مينتين ساعيتين كما هو مبين فى شكل (٧٨) وهذان العقربان يبين احدهما عدد دورات القرص والأخر مئات الدورات وفائدة الزرين د و ر تقديم الطارة الصغيرة او تأخيرها عن البريمة غير المنتهية بحسب الأرادة

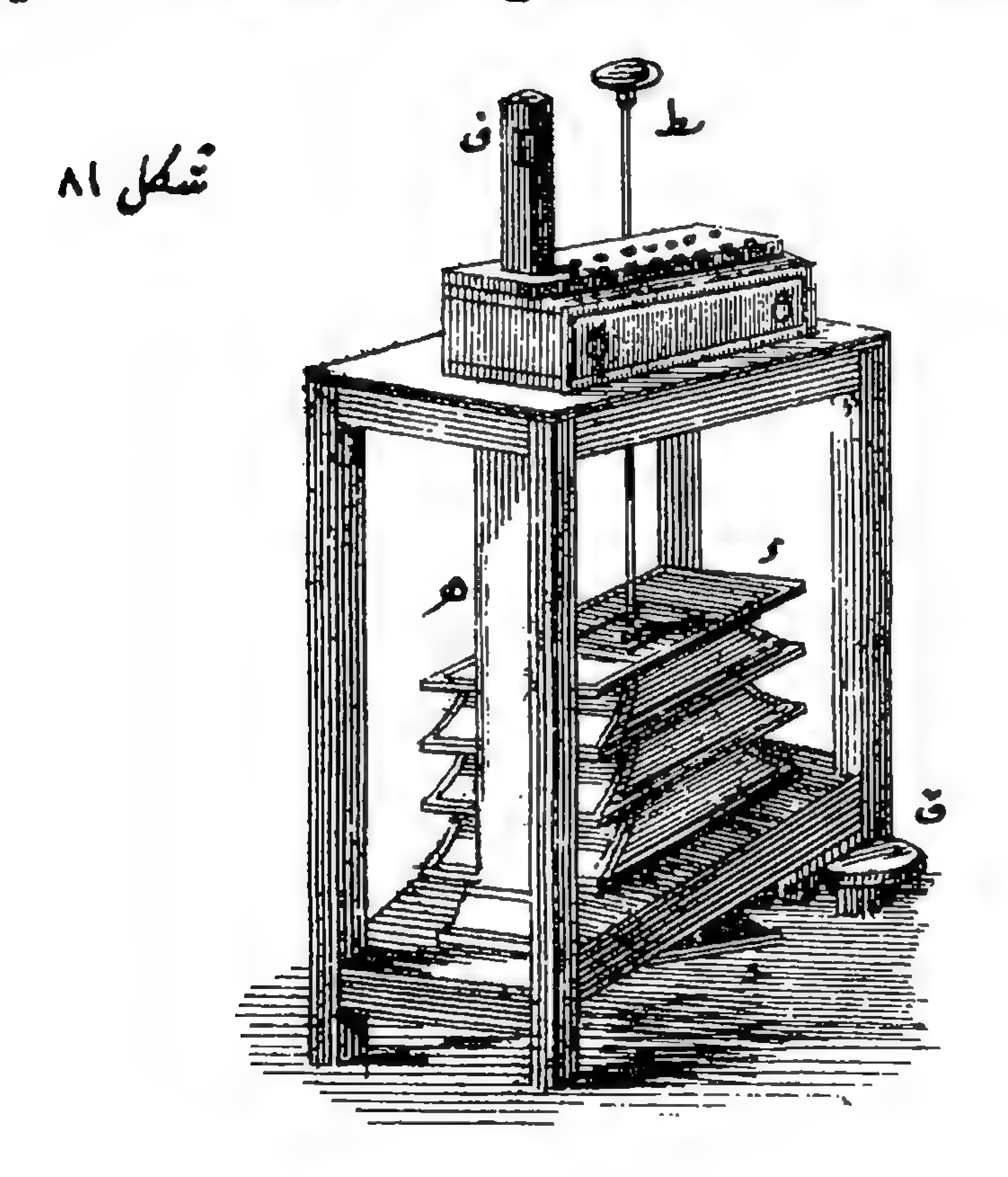
وحيث ان الصوت يرتفع كلما ازدادت سرعة القرص كفى فى احداث صوت محدود فى الألة حصر الهواء وادامة احداث تيار الهواء بعينه زمناً معيناً كدقيقتين مثلاً ثم يقرأ على المينتين الساعيتين عدد الدورات التى دارها القرص ويضرب هذا العدد فى ١٨ ويقسم الناتج على عدد الثوانى الموجود فى الزمن المذكور فيدل خارج القسمة على عدد الأهتزازات

في الثانيه
ويحدث عن بنت الماء التي سرعتها واحدة صوت في الماء مثل ما يحصل في الهواء وكذا في جميع الغازات
فهذا دليل على ان الصوت المحدود يتعلق بعدد الاهتزازات لا بطبيعة الجسم الرنان

في الكير

سد الكير في فن السماع آلة ذات مستودع هوائي تستعمل لتشغيل الآلات الهوائية كبنت الماء [٨٥]
وانابيب الأرغن وبين ارجل طاولته الأربعة منفاخ حـ كما في شكل (٨١) يتحرك بواسطة

شكل ٨١



المدوس وه وله مستودع د من الجلد اللين يستعمل لخزن الهواء المطرود فيه بواسطة المنفاخ
فاذا ضغط هذا المستودع باثقال توضع فوقه او بواسطة قضيب سط يتحرك باليد انطرد
الهواء بالموصل ك في صندوق مثبت على الطاولة وهذا الصندوق مثقوب ثقوبا مغلوقة
بصمامات من الجلد تفتح بالارادة بالاتكاء على الملامس الموضوعة امام الصندوق وفي هذه
الثقوب توضع بنت الماء او الانابيب ذات الريش ق

في حدود الأصوات المدركة

٨٦ كان الطبيعيون يعتقدون قبل ظهور تجربة المعلم سافرت ان الصوت لا يدرك اذا كان عدد الاهتزازات البسيطة في الثانية اقل من ٣٢ هزة في الأصوات الغليظة ومن ١٢ الف هزة الى ١٨ الف هزة في الأصوات الحادة فاظهر العالم المذكور ان هذين الحدين غير منضبطين وان ادراك الأصوات الغليظة أو الحادة جداً يكثرة او بقلة تعلقه بالشدة او لحن تعلقه بالارتفاع فعدم سماع الأصوات انما هو ناشئ عن كونها متولدة بكيفية غير كافية في تأثير السامعة

وقد انهى المعلم سافرت عدد الأصوات الحادة الى ٤٨ الفاً من الاهتزازات البسيطة في الثانية بان زاد قطر طارته المضرسة فازدادت بذلك سعة الاهتزازات وشدتها وابدل في الأصوات الغليظة طارته المضرسة بعود من الحديد طوله ٦٥ سنتمتراً يتحرك بين صفيحتين رقيقتين من الخشب بعدهما عن العود مليمتران فقط فحدث في كل دورة من دورات العود صوت عديم اللذة نشأ عن انتقال الهواء فاذا اسرعت الحركة استمر الصوت وصار ممتلياً اطرشاً وبواسطة هذا الجهاز تحقق المعلم سافرت انه اذا حدثت اهتزازات بسيطة من ١٤ الى ١٦ في الثانية ادركت الأذن ايضاً صوتاً واضحاً جداً لكنه زايد في الغلظ

في اهتزاز القضبان والصفائح والألواح والأغشية

في اهتزاز القضبان والصفائح

٨٧ القضبان والصفائح الرقيقة سواكانت من الخشب او من الزجاج او من المعدن خصوصاً المعمول اذ المسقى تهتز بسبب مرونتها واهتزازها على نوعين كاهتزاز الأوتار احدهما عرضي والآخر طولي اما الاهتزاز العرضي فانه يتولد بتثبيت احدهما من طرف وتمرير قوس على الجزء المطلق منها واما الاهتزاز الطولي فانه يحدث في القضيب بتثبيته من احد نقطه وحكه في جهة طوله بقطعة من الجوخ المبلول او المدهون بالقلفونيا لكن لا يستوى في هذه

الصورة صوت الا اذا كانت نقطة القضيب المثبتة على نصفه أو ثلثه او ربعه أو نحو ذلك من الأجزا المتداخلة

ثم انه يبرهن بالحساب فقط على ان عدد الاهتزازات العرضية للقضبان والصفائح اللتين من جنس واحد يكون فى نسبة طردية لسمكها وفى نسبة عكسية لمربع طولها ولا تاثير لعرض الصفائح فى عدد الأهتزازات الناشئة عنها بل فى القوة اللازمة لهزها بخلاف طول القضبان المرنة التى تكون من جنس واحد فان له تأثيراً فى عدد الأهتزازات وذلك ان عدد الأهتزازات الطولية يكون فى نسبة عكسية لطول تلك القضبان مهما كانت قطرها وشكل قطعها العرضى ثم ان شكل (٨٢) عبارة عن آلة اخترعها المعلم ماريوتة موسساً لها على الأهتزازات الطولية للقضبان وهى قطعة مصمتة من الخشب مثبت عليها عشرون قضيباً اسطوانياً من الراتنج بعضها ملون وبعضها ابيض وطول هذه القضبان مكيف بحيث ان القضبان البيضا يتولد عنها اصل الأصوات الطبيعية والملونة يتولد عنها متوالى انصاف الأصوات المتممة لهذا الأصل ولاجل تكييف الهوا بهذه الآلة تدلك القضبان طولاً بين الأبهام والسبابة المغموستين فى الراتنج المسحوق فالأصوات المتحصلة بهذه المثابة تشبه اصوات مزمار المعلم بيات مشابهة تامة

فى اهتزاز الألواح

٨٨ — اذا اريد هز لوح تثبت من مركزه كما فى شكل (٨٣) ثم هز من حوافيه بقوس أو ثبت من نقطة من نقط سطحه وهز من مركزه بحك الثقب الذى فيه بواسطة بعض سيبات من شعر مدهونة بالقلفونيا

وفى الألواح التى تهتز خطوط عقدية عددها ووضعها على حسب صورة الألواح يتغيران كيفية الأضطراب وعدد الأهتزازات والمرونة ولتمييز الخطوط العقدية تستر الألواح بطبقة خفيفة من الرمل الجاف قبل اهتزازها

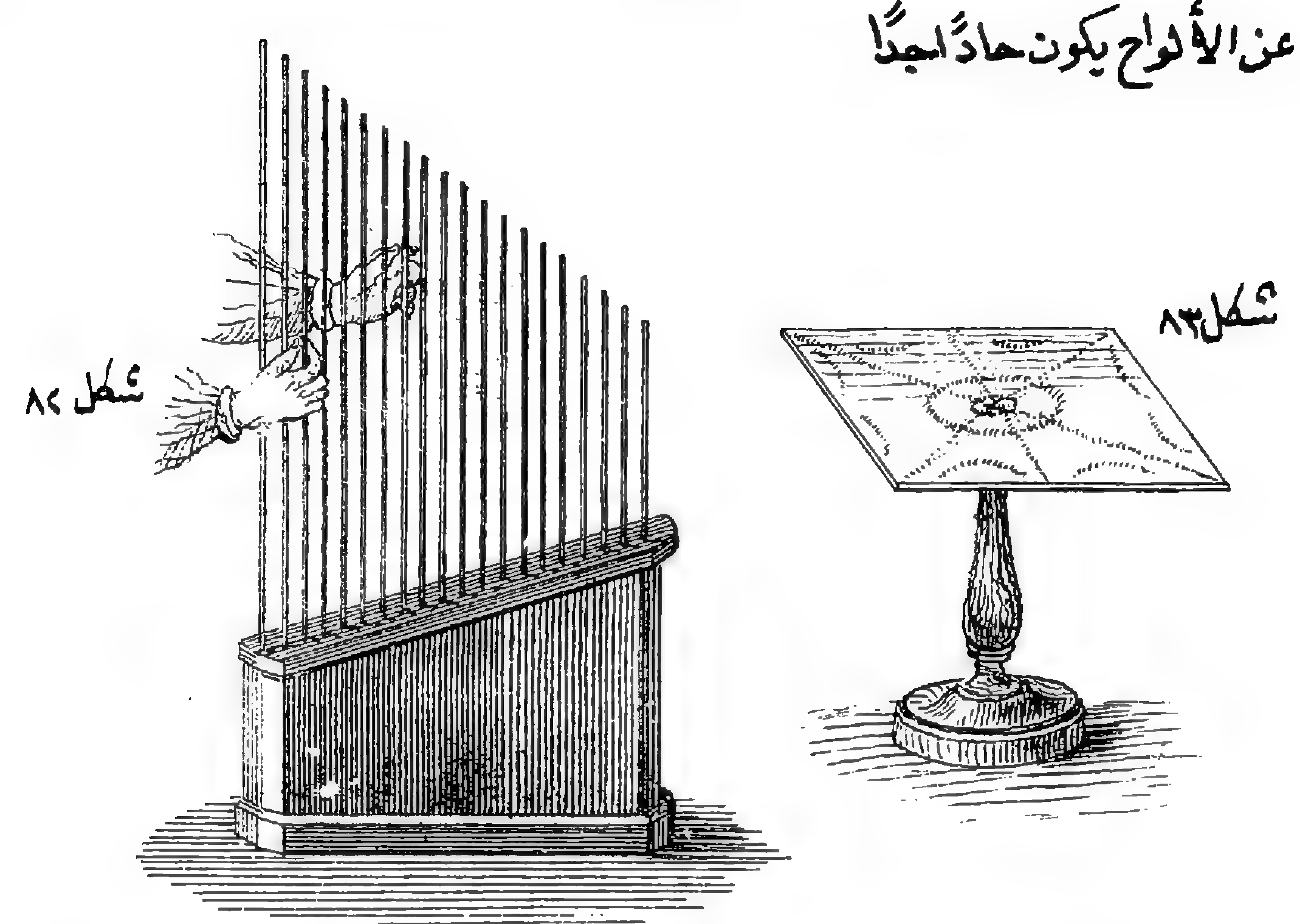
فبمجرد ان تبتدىء الأهتزازات يترك الرمل الأجزاء المهتزة وينضم فوق الخطوط العقدية





كما يظهر ذلك فى (شكل ٨٣)

وتعيين وضع الخطوط العقدية بحسب الأرادة يكون بمس الأجزاء التى يراد لمداث تلك الخطوط فيها وكلما ازداد عدد الأهتزازات ازداد عدد الخطوط المذكورة اى ان الصوت المتولد عن الألواح يكون حادًّا جدًّا



والخطوط العقدية متماثلة الشكل بالطبية دايمًا وتعود الى حالتها فى اللوح الواحد المضطرب اذا اتحدت الشروط واول من استكشف حادثة الخطوط العقدية فى الالواح المعلم كلادنى

واهتزاز الالواح تابع لقانون هو انه اذا كانت الألواح متحدة الجنس والشكل كان عدد الأهتزازات فى نسبة طردية لسمك تلك الألواح وفى نسبة عكسية لسطوحها

فى اهتزاز الأغشية

مبحث ٨٩ لين الأغشية يمنعها عن الأهتزاز اذا لم تكن موترة كجلد الطبلة فان كانت كذلك حدث عنها صوت حاد بقدر شدة توترها وصغر ابعادها وقد اثبت ذلك المعلم سافرت بالتجربة فلصق جلد البقر اللين جدًّا على براويز من الخشب

وهز الأغشية يكون بقرعها كما فى الطبل او بالتأثير وقد لاحظ المعلم سافرت

ان الغشاء اهتز بتأثير اهتزازات الهوآء الكافية لذلك وشكل (٨٤) يدل على غشاء مهتز بتأثير اهتزازات في الهوآء حادثة من طاسة رنانة ويدل على صورة الرمل الدقيق المنتشر على الغشاء على تكون البطون والعقد كما تدل على تكونها في الالواح



شكل ٨٤

الدرس السادس عشر

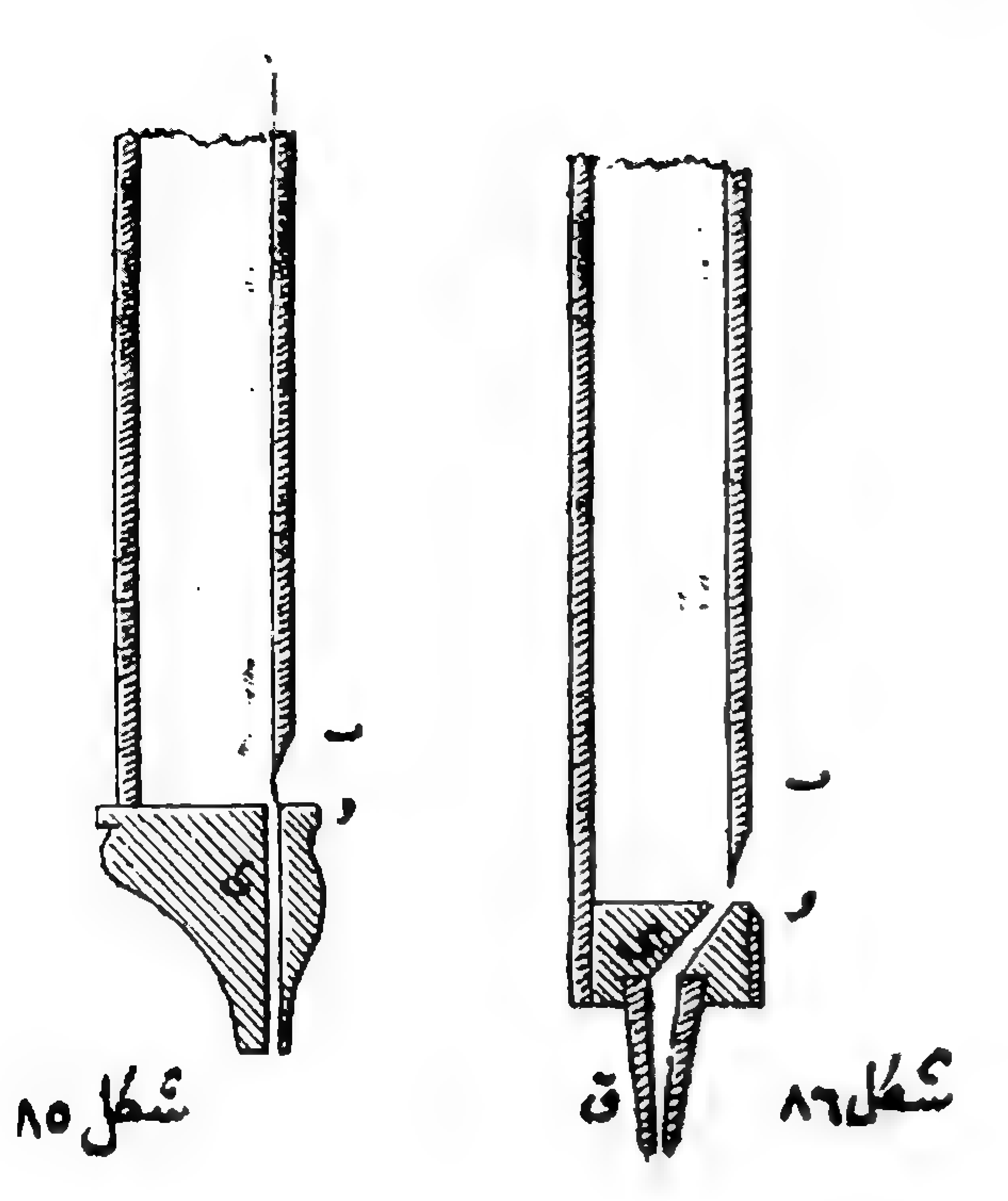
في اهتزاز الهوآء في الانابيب وفي الآلات الهوآئية

في منشأ الصوت في الآلات الهوآئية

٩٠ بند منشأ الصوت في الأجهزة المختلفة المتقدمة اهتزازات الأجسام الجامدة وليس الهوآء بالنسبة لها الا موصلا واما الآلات الهوآئية التي تكون جدران انابيبها ذات صلابة كافية فان عمود الهوآء المحصور في انابيبها هو الجسم الصوتي دون غيره ومن المحقق ان مادة الانابيب لا تؤثر في الصوت فلا يتغير فيها اذا كانت الأبعاد متساوية سوآء كانت الأنابيب من الخشب او من البلور او من المعدن نعم اذا اختلفت الأبعاد تغير النغم وقد قسموا الآلات الهوآئية بالنظر لطريقة اهتزاز الهوآء في انابيبها الى ثلاثة اقسام هي الآلات ذات المباسم المجردة والآلات ذات الريش الصلبية والآلات ذات الريش الغشائية والمراد بالريشة هنا لسان بالوص المزمار ونحوه

في الآلات ذات المباسم المجردة

٩١ بند جميع اجزاء المبسم في هذه الآلات تكون ثابتة ففي شكل (٨٦) مبسم انبوبة ارغن



وفى شكل (٨٥) مبسم صفارة
أو مزمار وتسمى الفتحة ى
فى الشكلين المذكورين
بالعين ومنها يدخل الهواء
فى الأنبوبة رع — و
مبسم شفته العليا —
منحرفة وفى الجزء العلوى
من الشكلين انبوبة يمكن
فتحها وغلقها وفى شكل ٨٦
قدم ق يستعمل لتثبيت
الأنبوبة على المنفاخ المرسوم فى الشكل (٨١)
فاذا وصل تيار سريع من الهواء الى العين انكسر على الشفة العليا فينتج من ذلك
صدمة ينشأ عنها عدم خروج الهواء من المبسم — و بطريقة مستمرة بل يتقطع
فتنتج دفعات تنتقل الى هواء الأنبوبة فتهزه فيحدث من ذلك صوت ولأجل أن
يكون الصوت خالصًا يلزم ان يكون هنالك نسبة بين ابعاد الشفتين وابعاد فتحة
المبسم ومقدار العين وبالجملة فلابد ان يكون طول الأنبوبة اعظم من قطرها
بكثير وعدد الاهتزازات يتعلق بابعاد الأنبوبة وبسرعة تيار الهواء
والمبسم فى المزمار العرضى عبارة عن فتحة جانبية مستديرة فبطريقة وضع الشفتين
والتصفير ينكسر الهواء على حواف هذه الفتحة وكذا يحصل فى مزمار الحلم بات
وفى المفتاح الأنثى الذى يصفر به

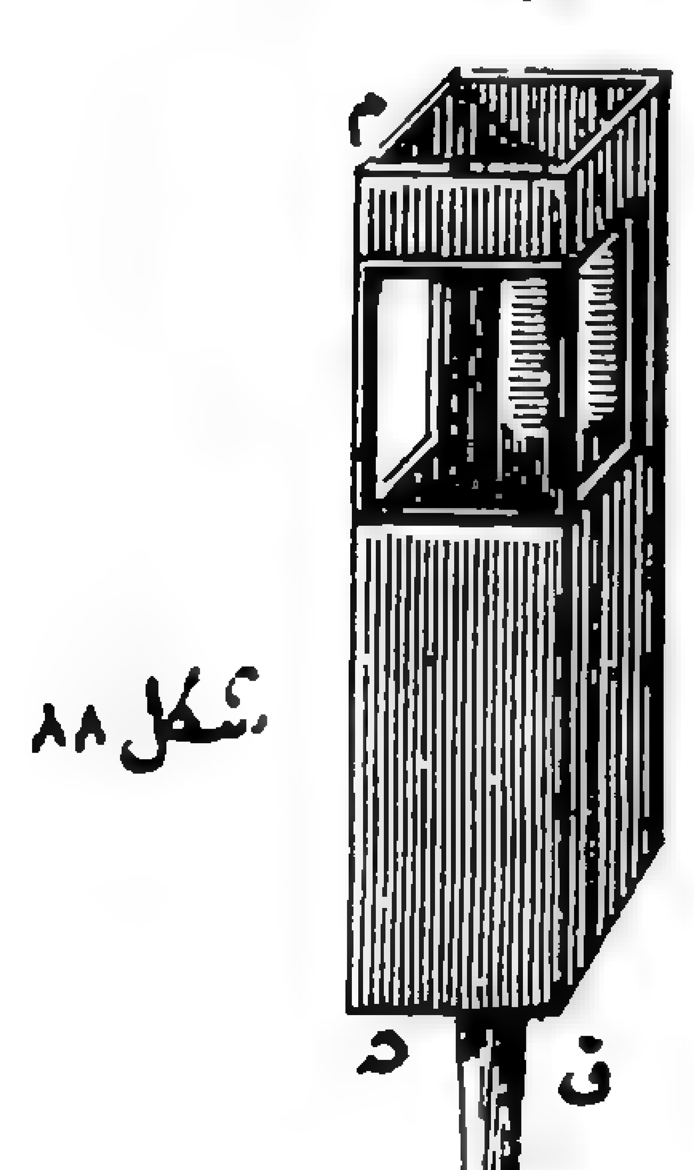
فى الآلات ذات الريش الصلبة

سبب اهتزاز الهواء فى الآلات ذات الريش الصلبة لسان بسيط من نحاس معدن
اومن خشب يتحرك بتيار الهواء وانواع هذه الريش توجد فى الهوتهوا اى ذو الفم

البعيدى والباسون والكلارينيت ونفير الأطفال وفى الجابرد الذى هو ابسط
الآت هذا النوع ثم ان بعض انابيب الأرغن ذو مبسم كالمذكور وبعضها ذو ريشة
صلبة والمرسوم فى الشكل (٨٧)
هو آلة من النوع الأخير موضوعة
وضعا كوضع تبيينها فى الدروس
وهى محمولة على الصندوق
ح من المنفاخ وبها مرآة معشقة
فى جدران الأنبوبة تتبين بها
اهتزازات الريشة ولهذه
الآلة قرن من خشب س
فائدته تقوية الصوت

ش
ح
شكل ٨٧

والمرسوم فى الشكل (٨٨) ريشة كائنة خارج انبوبتها وهى مركبة من اربع قطع الأولى
انبوبة مستطيلة من خشب
مقفولة من الجزء الأسفل
ومفتوحة من الجزء العلوى
فى النقطة ق والقطعة
الثانية لوح من نحاس
مسبوك ح ح ذو شق
طولى يسمى بالمجرى معد
لمرور الهواء من الانبوبة
م ن الى المنفذ ف



شكل ٨٨

والقطعة الثالثة صفيحة مرنة تسمى باللسان وهى اذا كانت تارة تلامس حوافى
المجرى وتارة ان تسده وهذا اللسان مثبت من جزءه العلوى فقط والقطعة الرابعة
سلك من حديد ع ع جزءه الاسفل منحنى يضغط به على اللسان وهذا السلك يسمى

يسمى بالمنظم فانه يمكن خفضه كثيرًا أو قليلاً لتنظيم جميع حركات اللسان وتعيين ارتفاع
الصوت المراد احداثه وفائدة المنظم ايضًا توافق الأنابيب ذات الريش توافقًا كليًا
فاذا وضعت الريشة ثانيًا في الأنبوبة م ر ن ودخل تيار الهواء في الأنبوبة
بواسطة المقدم ق الضغط اللسان وانحنى من الخارج الى الداخل وترك ممرًا
للهواء ليتصرف من المنفذ ق لكن اذا عاد اللسان الى حالته بسبب مرونته
احدث جملة اهتزازات بها يكون تعاقب فتح المجرى وقفله ومرور تيار الهواء متقطعًا
وينتج من ذلك امواج صوتية يحدث عنها صوت يزداد ارتفاعه بازدياد سرعة التيار

في الآلات ذات الريش الغشائية

سد تأثير الريش الغشائية لم يعرف معرفة تامة ومع ذلك في معرفته فائدة عظيمة
٩٢
لنظرية الصوت البشري ثم ان المعلم موليرالفيسولوجي (نسبة الى الفيسولوجيا
وهي علم معرفة وظايف اعضاء الجسم البشري) استنبط اصولاً اربعة من تفتيشه وبحثه
فيما يتعلق بالريش الغشائية بحسب كيفيات اوضاعها الأربعة ولنذكرها فنقول
الكيفية الأولى ان يوتر شريط قليل العرض من الصمغ المرن على حلمة قطرها ٢ مليمترًا
توتيرًا ثم ينفخ بواسطة انبوبة صغيرة المقطر على احدى حافتي الشريط في اتجاه مائل
على سطحه فيهتز الشريط حينئذٍ وينشأ عنه صوت
الكيفية الثانية ان يوتر سير من الصمغ المرن عرضه من خط الى خطين على حلقة
او على براويز من خشب ثم يثبت حول هذا السير المرن الواح جامدة من المقوى
او من الخشب بحيث تحدث شقوق ضيقة بين تلك الألواح والسير المذكور
الكيفية الثالثة ان يستر نصف منفذ انبوبة قصيرة جدًا بغشاء مرن
ويستر نصفه الآخر بلوح جامد بحيث يكون بين الغشاء واللوح شق يمر منه الهواء
الكيفية الرابعة ان يستر منفذ الأنبوبة المتقدمة بغشائين مرنين بحيث
يكون بينهما شق ضيق وهذا الوضع يقارب وضع فتحة الحلق بالكلية
واهتزاز الأنواع الثلاثة الأخيرة من الريش يكون بوضع دائرة البراويز بين الشفتين

والنفخ فيه والأولى ان يكون النفخ بواسطة مرسلة الهواء اعنى انبوبة ينفخ فيها
وقد عرف المعلم موليران الصوت يتولد بلسينين غشائى سوآ كان بالزفير أو بالشهيق
لكنه بالشهيق اغلظ منه بالزفير عادة من نصف صوت الى صوت كامل وانه اذا
زاد الزفير او الشهيق ارتفع الصوت الى حد محدود ولعرض الشق تأثير قليل
فى ارتفاع الصوت غيران اللسينين لا يتم وظيفته اذا كان الشق عريضا جدًا
ثم ان الصوت يرتفع فى الريش الغشائية كما يرتفع فى الأوتار اذا زاد التوتر فانا
اذا منعنا وسط اللسينين مثلا من التحرك ونفخنا على نصفه الأخر حدث لنا
اعظم درجة من الصوت الأصلى الذى كان يحدث عن اللسينين بتمامه وعلى كل فالريش
الغشائية منقادة لقوانين الأوتار بخلاف الريش الصلبة فانها كالصفائح
المرنة
وقد جرب المعلم موليير لاثبات ماذكر الريشة الأخيرة من الريش الأربعة المقدمة
اعنى الريشة المركبة من غشائين مرنين بينهما شق ضيق فثبت لديه انه اذا كان
اللسينان موترين توترا واحدًا احدث عنهما صوت اغلظ من الصوت الأصلى الحادث
عنهما
واذا سلطت انبوبة على الريشة صار الصوت غليظًا جدًا وهذا يشبه ما يحدث عن
استعمال مرسلة الهواء
ولم تستعمل الريش الغشائية الى هذا الوقت فى الآلات الموسيقية غيران الحال الموجبنا
الحال نقارن عضو الصوت فى الأنسان وعضو التغريد فى الطيور بهذا النوع من الريش
فنقول ان الشفاه حين تنقبض بالعضلات تحدث تاثيرًا كتاثير الريش
الغشائية وان كلا من التجويف الفمى واعقأ التنفس بمنزلة مرسلة الهواء
والشفاه فى نفير الصيد وفى النفير المعتاد وفى النفير الرباعى بمنزلة ريش غشائية
لانه لا يكفى النفخ فقط فى هذه الآلات بل يجب زيادة على ذلك هز الشفاه كاللسينا
فلذلك استعملوا مباسم ضيقة ضيقًا تابعًا لحدة الصوت المراد واضطر لضم
الشفاه او فتحها تبعًا لأرتفاع الصوت او انخفاضه

فى قوانين اهتزاز الهواء فى الأنابيب

بند ٩٤ حيث بينا طرفاً من اهتزاز عمود الهواء الكائن فى انبوبة يجب علينا ان نشرح قوانين ذلك الاهتزاز فنقول اول من اظهر نظرية اهتزاز الهواء فى الأنابيب المعلم دانييل برنوبلى فبين ان الصوت فى الأنبوبة الواحدة يتغير بتغير سرعة التيار وبتغير فتحة الفم وذلك التغير تابع لقوانين تختلف بحسب كون الأنابيب مفتوحة أو مقفولة من الطرف المقابل لفمها

فى الأنابيب المقفولة من الطرف المقابل لفمها

بند ٩٥ لنفرض أولاً انبوبة مقفولة من طرف وفى طرفها الآخر مبسم من المباسم المتقدمة وان طول هذه الأنبوبة مساوٍ قطرها ١٢ أو ١٥ مرة فاذا ثبتت هذه الأنبوبة على طاولة المنفاخ حدث عنها اصوات ترتفع شيأ فشيأ كلما وصل اليها الهواء بقوة عظيمة وحينئذٍ اذا لجعل الصوت الغليظ أو الصوت الأصلى وحدة يشاهد ان الأنبوبة تحدث اصواتاً مقاديرها حدود متوالية عددية وترية ٣ و ٥ و ٧ وهكذا

وقد اثبت المعلم بيرنوبلى باعتبارات رياضية ان الهواء يهتز فى الأنابيب كاهتزاز القضبان المصمتة اهتزازاً طولياً اعنى انه يشاهد تعاقب العقد والبطون ومقتضى نظرية المعلم بيرنوبلى ان سعة الأهتزازات فى طبقات الهواء المحاذية للبطون اكبر منها فيما عداها من النقط الأخر التى هى من نقطة المنحنى المحصور بين عقدتين لكن هذه الطبقات لا يحدث فيها تكاثف ولا تخلخل مدة الهزة الواحدة واما طبقات الهواء المحاذية للعقد فتكاد ان تكون ثابتة واكثر تكاثفاً أو تخلخلاً من جميع النقط الأخر

ثم انه قد يوجد عقدة اهتزاز فى قاع الأنبوبة وبطن فى فمها ففى هذه الحالة تحدث الأنبوبة الصوت الأصلى ويصير طول الموجة ضعف طول الأنبوبة

وقد يوجد عقدتان لمداهما فى قاع الأنبوبة والثانية فى ثلثها الأول بالابتدا
من الطرف المفتوح فحينئذٍ يكون بعد العقدتين اى طول الموجة ثلثى طول
الأنبوبة اى انه ثلث الموجة التى تحدث فيما اذا كانت العقدة واحدة وحيث
ان الصوت فيما اذا كانت العقدة واحدة مقدر بواحد يقدر بثلاثة فيما اذا
وجد عقدتان فحينئذ اذا كان عدد العقد ٣ ، ٤ ، ٥ كان مقدار الصوت
٥ ، ٧ ، ٩ وهذا الناتج مطابق لما ذكرناه سابقاً

فى الأنابيب المفتوحة الطرف المقابل لفمها

٩٩ توالى الأصوات الحادثة من الأنابيب المفتوحة من الطرف المقابل لفمها
ليس كتوالى الأصوات الحادثة من الأنابيب المقفولة فاذا قدر الصوت الأصلى
بالواحد ايضاً تحصل بجبر الهواء على الدخول تدريجاً اصوات تتعين مقاديرها
بالمتوالية الطبيعية للأعداد ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ .... الخ
وكان الصوت الأصلى الحادث من انبوبة مفتوحة الطرفين فى اعلى درجة حدة
الصوت الحادث من انبوبة مقفولة احد الطرفين
واذا احدث صوت عن انبوبة مفتوحة الطرفين تكون فى كل من طرفيها بطن اهتزاز
وعقدة او اكثر فى طولها فاذا تكون فى طولها عقدة واحدة كانت فى الوسط وكان
كل نصف منها يحتوى على نصف موجة صوتية واذا تكون فى طولها عقدتان
كانت لمداهما فى الربع الأول بالابتداء من احد طرفى الأنبوبة والثانية فى الربع
الأول بالابتداء من الطرف الثانى
وطريقة تحقيق وجود العقد فى الأنابيب المفتوحة والمقفولة ان تثقب جدرانها
ثقوباً محاذية لهذه العقد فحيث لم يتغير الصوت علم ان تلك الثقوب فى نقط
العقد وحيث تغير علم ان الثقوب فوق العقد او تحتها
واذا كانت الأنابيب اسطوانية وادخل فيها مكبس متحرك شوهد ايضاً انه اذا انزل
المكبس الى اعماق مختلفة لا يتغير الصوت اذا كان المكبس محاذياً لسطح عقدى

ابراهيم

لسطح عقدى

وطريقة تحقيق وجود البطون والعقد تكون بفرع انبوبة مستطيلية افقية جدرانها غير سمكية لتهتز هذه الجدران حينئذٍ مع عمود الهواء الداخلى فاذا سترت برمل شوهد ان الرمل المذكور يفارق الأجزا التى فيها البطون وينتقل نحو العقد

وقواعد المعلم بيرنويلى لا تتحقق تحققًا جيدًا بالتجربة فان الانابيب سوآء كانت ذات مبسم أو ريشة يحصل عنها بالتجربة صوت اغلظ من الصوت الذى تدل عليه النظرية ولاجل تطبيق هذه القواعد على التجربة يجب اتخاذ انابيب قطرها صغير جدًا بالنسبة لطولها ولابد ان يهتز الهواء مباشرة على جميع دائر الأنبوبة لا على جهة واحدة منه فقط كما يحصل عادة وصفارة الاحتراس المستعملة فى عربات البخار مؤسسة على كيفية اتخاذ الأنابيب المذكورة التى يكون فيها الصفير بواسطة لوح مهتز يضطرب عليه البخار الذى يمر بالأنبوبة اضطرابًا كليًا

الدرس السادس عشر
فى عضو الصوت البشرى

٩٧ — الصوت البشرى يتولد فى الحنجرة وقت ان يمر بها الهواء الخارج من الرئتين والحنجرة قصبة عريضة قصيرة كائنة بين الفم الخلفى والقصبة الرئوية اى القناة التى يصل بها الهواء الى الرئتين والجدران الداخلية للحنجرة المذكورة مستورة بغشآء مخاطى يمر على رباطين بينهما فتحة مثلثية قاعدتها فى الجهة الخلفية وراسها فى الجهة الامامية وهذان الرباطان عبارة عن الأوتار الصوتية السفلية وتنبسط جدران الحنجرة فوقهما ثم تنقبض واما الغشآء المخاطى فانه يستر رباطين آخرين اضعف من الرباطين المتقدمين يعبر عنهما بالأوتار الصوتية العلوية وبينهما شق مشابه للشق الأول وفى المسافة الكائنة بين الوترين الصوتيين العلويين والوترين الصوتيين السفليين فى الجهة اليمنى وفى الجهة اليسرى تجويفان يسميان ببطنى الحنجرة وفوهة الحنجرة هى المسافة المثلثية الكائنة بين

الأوتار الصوتية اليمنى والأوتار الصوتية اليسرى وهو فى الشقين التى هى عبارة عن شفتى فوهة الحنجرة يتغير تباعدها بفعل بعض العضلات وعلى فوهة الحنجرة صمام ليفى غضروفى متحرك يسمى بالبلعوم فائدته منع الأغذية الجامدة أو المائعة عن الدخول فى الحنجرة وقت البلع لانه ينشأ عن دخولها الأختناق اذا وجدت فى المسالك الهوائية وبالجملة فلا يتم جهاز الصوت الا بالتجويف الفمى وبجزء الحنجرة العلوى وبالحفر الأنفية ولابد من شرطين فى احداث الصوت احدهما ان يندفع الهواء الموجود فى الرئتين بالزفير والثانى ان تحدث عضلات فوهة الحنجرة فى الأوتار الصوتية توترًا مناسبًا تبعًا للأرادة اذ من المعلوم ان الصوت لا يحدث فى كل زفير وانه اذا انقطعت الأعصاب المتجهة لعضلات الحنجرة حصل الحصر الصوتى الكلى

ومما يدل على تكوين الصوت فى الحنجرة ان القصبة الرئوية إذا كانت مفتوحة فتحة صناعية تخلص الهواء المدفوع بدون ان يمر بالحنجرة فلا يتكون صوت اصلاً فاذا سدت الفتحة المذكورة رجعت خواص الصوت له واذا كانت الفتحة فوق فوهة الحنجرة استمر الصوت لمرور الهواء المندفع بالحنجرة

ولنبين جزء الحنجرة الذى يتولد فيه الصوت فنقول ان تجاريب المعلم بيطات والمعلم ماجندى اظهرت ان الأوتار السفلية الصوتية هى المولدة للصوت فلو فقدت جميع الأجزاء الأخر للحنجرة حتى الأوتار العلوية الصوتية ولسان المزمار ايضًا لم ينقطع الصوت وزيادة على ذلك لو كشف حنجرة حيوان حى بحيث نشاهد وظيفة هذا العضو وقت تولد الصوت لظهر لنا ان الأوتار السفلية الصوتية تهتز وحدها وان الأوتار العلوية الصوتية لا دخل لها فى تكوين الصوت

وقد شغل تولد الصوت كثيرًا من الطبيعيين فمنهم من شبه عضو الصوت بمزمار ومنهم من شبهه بآلة ذات وتر او ذات ريشة ومنهم من شبهه بالطير الصناعى الذى يعمله صيادو الطيور لمحاكاتها واصل الأختلاف فى آراهم عدم معرفة هل الهواء وحده هو الذى يهتز بانكساره على شفتى فوهة الحنجرة كما يهتز فى الآلات

ذوات المبسم أو الأوتار الصوتية هى التى تهتز وحدها بتصادمها مع الهواء المدفوع بالتنفس وتصيرهى الأجزاء المولدة للصوت ثم ان المعلم موليير انتج من التجاريب المتعلقة بالريش المرنة المتقدمة ان الأجزاء الغشائية من الحنجرة هى التى تهتز وان عضو الصوت يشبه ريشة غشائية مزدوجة وهذا الرأى اسلم الآراء لكن عضو الصوت فى الحقيقة له طبيعة تخصه ولا يمكن تشبيهه مطلقا بأى آلة معلومة فلذا اقتصر على اعتباره آلة هوائية فيها الرئتان بمنزلة الكير والقصبة الرئوية بمنزلة مرسلة الهواء والفم بمنزلة الصندوق المعد لتقوية الصوت ولتكييفه بطريقة تكييف الطنين فى الانابيب ذات الريش ولكل من اللسان والأسنان والشفتين فى الصوت ذى المقاطع اى الحروف مدخل عظيم فى النطق بالحروف المتحركة والحروف الساكنة

فى عضو السمع

آلة السمع فى الانسان فى غاية الاتقان لادراك الأصوات اذ هى مشتملة على الأذن الظاهرة التى هى الصيوان الذى يتلقف الأجزاء الهوائية الحاملة للأصوات وعلى القناة المنحرفة التى هى الصماخ وعلى غشاء الطبلة المتصل بالصماخ الذى هو سدادة فاصلة بين الأذن الظاهرة والباطنة وخلف هذا الغشاء مسافة تسمى بصندوق الطبلة بينها وبين الجزء الخلفى من الفم استطراق بقناة تسمى بوق اوستاكيوس مغشاة بغشاء رخو مخاطى فى جميع طولها منفعتها تجديد الهواء فى الأذن الباطنة ويوجد فى صندوق الطبلة اربع عظيمات متصلة ببعضها على هيئة سلسلة متحركة احد طرفيها مثبت فى غشاء الطبلة والثانى فى فتحة من الخلف تسمى الكوة البيضية مغطاة بغشاء مخاطى ايضا وبجانب الكوة البيضية كوة مستديرة مسدودة بغشاء ايضا وفى باطن الجزء الصخرى من العظم الصدغى تلافيف متعرجة مكونة للتيه الذى هو مكون من الدهليز الذى هو مسافة صغيرة ومن جزء ملولب يسمى الحلزون ومن ثلاث قنوات صغيرة هلالية مملوءة من جواهر رخوة مجهول منفعتها والتيه كله مملوء

بسائل منورى للسماع بحيث لو انفجر احدى الكوتين وخرج منه هذا السائل لحدث الصمم بخلاف غشاء الطبلة فانه قد ينمحق ويبقى السمع وان كان مع بعض تغير فيه والصيوان في الحيوانات الجبن طويل متحرك جدًا ليتمكن من تلقف ادنى دوى فكانه قرن سمعى وغشاء الطبلة يتوتر بالعضلات المحركة للعظيمات اذا تأثر من الهوآء الحامل للاهتزازات الصوتية والهوآء المنحصر في صندوق الطبلة معد لتوصيل الاصوات للأذن الباطنة ويقال ان العظيمات الأربع منوطة بادراك الاصوات اللطيفة والفروق الواهية جدًا التى تقع بينها بدليل انها اذا انمحقت من داء نشأ عن ذلك فقدان دقة حس السمع والاعصاب اللطيفة الرخوة المنتشرة في جميع هذه الأجزاء هي التى بها تدرك الأصوات فهي المكونة لحس السمع

ابراهيم



الباب السادس

الدرس الثامن عشر

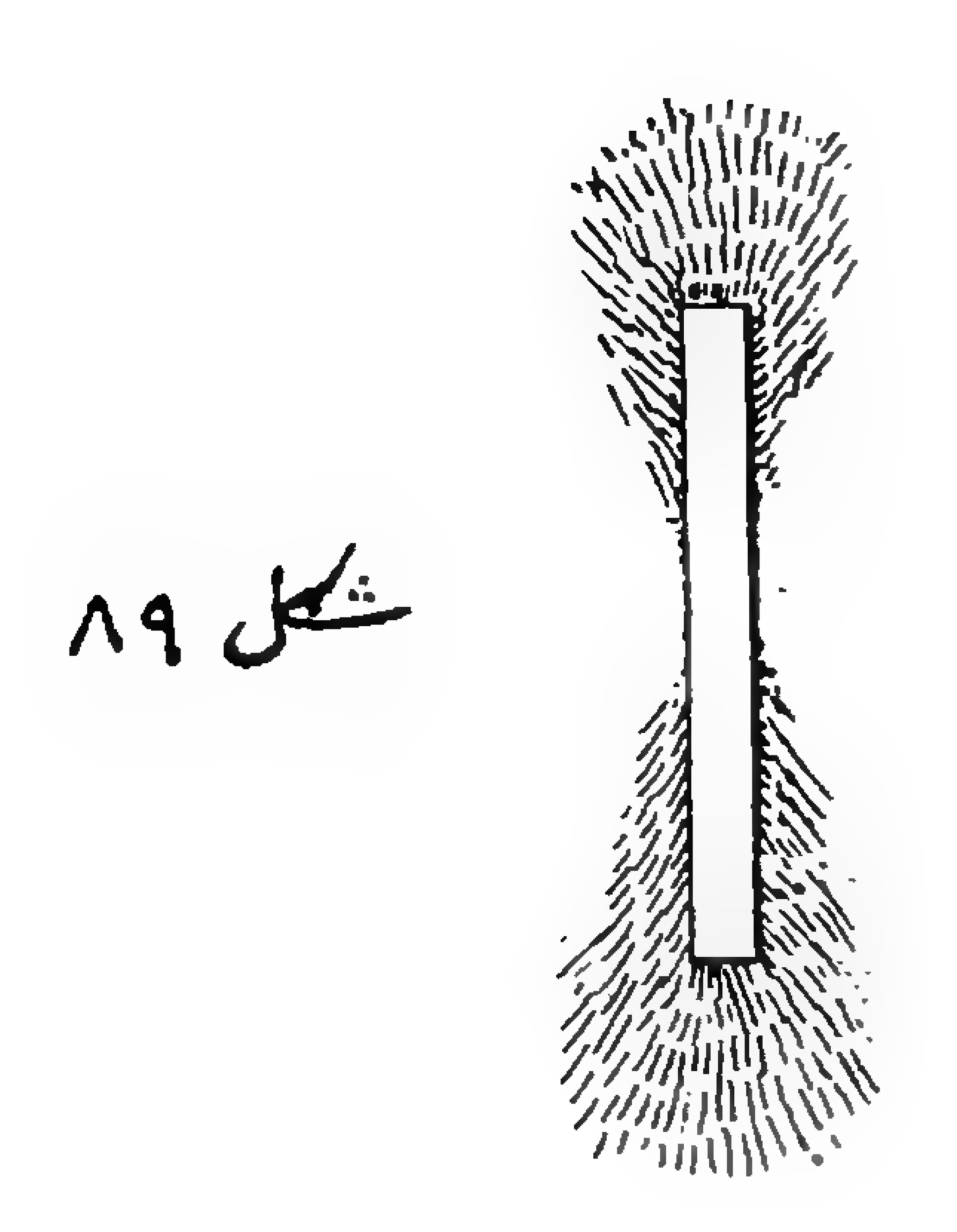
فى المغناطيسية

فى خواص الأجسام المغناطيسية

بند ٩٩ الأجسام المغناطيسية أجسام تجذب الحديد وهى كثيرة على الكرة واكثر وجودها فى معادن الحديد وهناك جبال مكونة بالكلية من تلك الأجسام وجذب الأجسام المغناطيسية للحديد اما ان يكون بالملامسة واما بالتقريب فاذا دفن جسم مغناطيسى فى برادة الحديد التصقت على سطحه واذا قرب هذا الجسم المغناطيسى من البرادة المذكورة على نوع من البعد وثبت اليه ورسبت عليه ويتوصل الى هذه النتائج بتعليق قطعة صغيرة من الحديد فى طرف خيط غير مبروم وتقريب جسم مغناطيسى منها ويستعمل هذا الجهاز الصغير المسمى فى بعض العبارات بالبندول المغناطيسى لبيان ان الجذب يتناقص بتزايد البعد وانه ينفذ من جميع الاجسام ومن الفراغ ايضا الا الحديد فلا يتجاوزه التأثير الى غيره ثم ان القوة المغناطيسية مغايرة للقوة الجذبية العنصرية والقوة الدفعية الحرارية

فى قطبى المغناطيس

بند ١٠٠ مقدار القوة المغناطيسية ليست واحدة فى جميع نقط الجسم المغناطيسى ولتحقيق ذلك ندحرج جسما مغناطيسيا فى برادة الحديد أو نقرب اجزاءه المختلفة للبندول فنشاهد ان البرادة لا تستره بطبقة منتظمة وان الزوغان الذى يحدثه فى البندول يتغير من نقطة الى اخرى وهاتان الحادثتان يسهل تحقيقهما كائنا ما كان حجم الجسم المغناطيسى وشكله الا انهما يتضحان جدا فى الأجسام المغناطيسية الأسطوانية أو المنشورية وذلك ان اثر البرادة لا يشاهد نحو الوسط منها (كما فى الشكل ٨٩)



شكل ٨٩

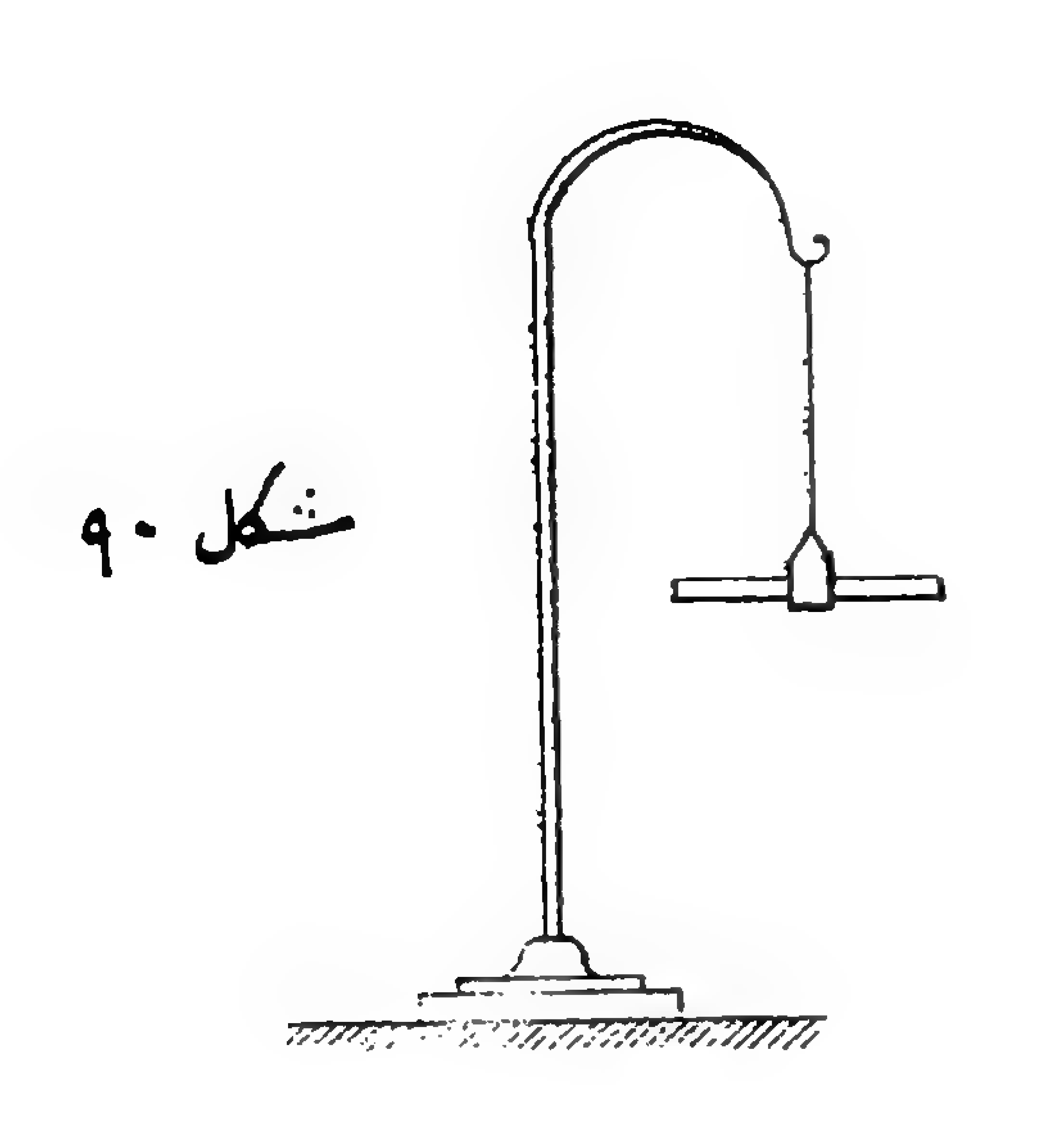
وبالقرب من النهايتين تشاهد خيوط من البرادة يزداد طولها وعددها وان المزوغان يكاد ان ينعدم في الوسط ويتزايد بالقرب من الطرفين حتى يصل فيهما الى النهاية الكبرى

والنقط التي يظهر فيها انعدام القوة المغناطيسية يتكون عنها خط متوسط يسمى بخط الحدود والنقطتان اللتان تظهر في كل منهما نهاية القوة المغناطيسية تسميان بالقطبين والمراد بالقطبين هنا نقطتان كائنتان في الجسم المغناطيسي على جهتي الخط المتوسط وكل منهما يمكن اعتباره نقطة وقوع محصلة القوى المغناطيسية التي تؤثر من جهة واحدة من هذا الخط وهاتان النقطتان توجدان بعيدًا عن النهايتين وهما على بعد واحد من الخط المتوسط دائمًا

ولجميع الأجسام المغناطيسية خط متوسط وقطبان فاذا قسمنا الجسم المغناطيسي الى جزءين ثم قسمنا كل جزء الى جزءين آخرين وادمنا القسمة بقدر ما يمكن بواسطة الطرق الميكانيكية ظهر لنا ان كلًا من هذه الأجزاء لا يزال مغناطيسيًا كالأول ذا قطبين وخط متوسط فحينئذٍ يعلم انه يستحيل انفصال قطبي الجسم المغناطيسي عنه

في التأثيرين المتعاكسين لقطبي المغناطيس

١٠١ ان الأقطاب المغناطيسية تجذب الحديد اليها بكيفية واحدة لكن تجاذبها ليس بكيفية واحدة فانه اذا تجاذب قطبان من جسمين مغناطيسيين وعكس وضع قطبي احد الجسمين مع بقاء الجسم الآخر تنافرا ولبيان ذلك نثبت كما في الشكل (٩٠) قضيبًا مغناطيسيًا في ركاب من ورق معلق في طرف خيط غير مفتول ثم نقرب لأحد قطبيه قطبًا مغناطيس آخر واحدًا بعد واحد فنشاهد انه يجذب بأحدهما وينفر من الآخر وهذه النتيجة تحدث بعينها في جميع اقطاب الأجسام


شكل ٩٠

المغناطيسية والأقطاب التي تؤثر بكيفية واحدة على القطب الواحد من اى جسم مغناطيسى تسمى بالأقطاب المتجانسة سواكان تأثيرها جذبًا أو نفورًا واما الأقطاب التي لا تؤثر بكيفية واحدة فتسمى بالأقطاب المتباغضة

وبواسطة هذا الجهاز يسهل تحقيق تنافر الأقطاب المتجانسة وتجاذب الأقطاب المتباغضة

فى الفرض المتعلق بالسيال المغناطيسى

١٠٢ يسند خواص الأجسام المغناطيسية منسوبة لمؤثر مخصوص يسمى بالسيال المغناطيسى وهو سيال متسلطن فى جميع اجزا الجسم المغناطيسى ويمكن فصل ارتباط هذا السيال بمادة الجسم القابلة للوزن بتسخين ذلك الجسم حتى يصل الى درجة الأحمرار فانه بذلك يفقد خواصه المغناطيسية وليس السيال المذكور منقادًا لتأثير التثاقل لانه يمكن مغطسة عدة قضبان من الفولاذ بجسم مغناطيسى بدون ان ينقص ثقل الجسم المغناطيسى وبدون ان يزداد ثقل القضبان وليس السيال المغناطيسى بسيطًا اى مكونًا من اجزا متجانسة لأن اقطاب الأجسام المغناطيسية تؤثر فى بعضها تارة بالتجاذب وتارة بالتنافر فينبغى حينئذٍ ان يكون السيال المغناطيسى مركبًا من سيالين مختلفين يسمى احدهما بالسيال الجنوبى والآخر بالسيال الشمالى وكل منهما يجذب الآخر واجزا احدهما تتنافر من بعضها وسيتضح سبب هذه التسمية ولا ينبغى ان يظن ان احد هذين السيالين منعزل عن الآخر فى الجسم المغناطيسى فى جانب يخصه من جانبى الخط المتوسط اى ليس كل نصف من نصفى الجسم المغناطيسى يحتوى على سيال واحد فقط لانه لو كان كذلك لأمكن بفصل الجسم المغناطيسى من وسطه افتراق سيالية المغناطيسيين ولأمكن ايضًا انعزال قطبيه فيجب ان يسلم ما قاله المعلم كلمب من أن السيالين المختلفين يتعاقبان

بالتوالى فى جميع امتداد الجسم المغناطيسى وان هذا الأمتداد مركب بهذه الكيفية من عدة جواهر فردة كل واحد منها يحتوى على كميتين متساويتين من السيالين وجواهر الجسم المغناطيسى التى تحتوى على السيالين تسمى بالأصول المغناطيسية ولم يعلم هل هذه الأصول قدر عناصر المغناطيس أو تزيد أو تنقص عنها فى الأمتداد وقد توصل المعلم پواسون الى توضيح جميع الحوادث المغناطيسية بتطبيق الحساب على هذا الفرض

وليس حجر المغناطيس وحده مشتملاً على السيالين المغناطيسيين فان الحديد والفولاذ وجميع الأجسام القابلة للمغطسة تحتوى على السيالين ايضًا

وهنالك بعض تجاريب لبيان وجود السيالين المغناطيسيين وكيفية وضعهما فى هذه الأجسام

وذلك انه اذا عرضت اسطوانة صغيرة من الحديد لأحد قطبى قضيب ممغطس تمغطست فى الحال وتحقق مغطستها يكون بذر برادة الحديد عليها فهذه البرادة تصطف بغير انتظام على نقطها وتتراكم فى الطرفين ولا تلتصق بالجزء القريب من الوسط ولا بالوسط فقد اكتسب الحديد بتمغطسه خطًا متوسطًا وقطبين اعنى انه اكتسب جميع خواص الجسم المغناطيسى ويبقى على حالته المغناطيسية مادام التأثير حاصلاً ويفقدها حال انقطاع التأثير وليست مغطسة الأسطوانة المذكورة بسريان سيال القضيب المغناطيسى فى الحديد لأنه لو كان كذلك لبقى الحديد ممغطسًا بعد انقطاع تأثير القضيب المغناطيسى فيه ايضًا لو كان هنالك سريان لكان الحديد لا ينتقل الا على سيال واحد مع انه يشتمل على السيالين معًا كما دل عليه خطه المتوسط وقطباه فاضطروا الى تسليم ان الحديد يشتمل على السيالين معًا

لكن الحديد فى حالته الطبيعية اعنى حالة كونه منعزلاً عن كل جسم ممغطس لا يكون وضع السيالين فيه كوضعهما فى الجسم المغناطيسى فلا يكونان منعزلين فى نهايتيه المتقابلتين لانه لو كان كذلك لأثر على الجسم المغناطيسى تارة بالتجاذب وتارة بالتنافر فيجب حينئذ ان يكون سيالاه متحدين اتحادًا كليًا وبتعريض الحديد

وبتعريض الحديد لتأثير جسم مغناطيسى فيه يؤثر السيال المتسلطن فى القطب الأقرب لنقطة التماس فى السيالين الطبيعيين المتحدين فى الحديد فيحللهما بجذ به السيال المضاد له وتنفيره السيال الآخر فيبقى السيالان متحللين اى منعزلين بدوام التأثير ويعود تركبهما ثانيا بتجاذبهما عند انقطاع التأثير

ومن حيث ان السيالين المغناطيسيين هنا ناتجان من التحليل لا ينتقلان بالارادة من احد طرفى اسطوانة الحديد لطرفها الآخر لانه اذا قطعت هذه الأسطوانة الى جزئين حال تأثير الجسم المغناطيسى فيها لا يظهر اثر المغناطيسية فى الجزء المنفصل عن جزء التماس فهذا يبين ان السيالين المتضادين يتماحيان فى الجزء المنفصل وانهما قد وجدا فيه بكمية واحدة فحينئذ عنصرا اجزاء السيال الطبيعى يبقيان بعد تحليلهما متباعدين بعدا قليلا جدا ولا يفارقان الأصل الممغطس بل يسريان فيه بطريقة مشابهة لسريانهما فى الجسم المغناطيسى

وقد لا يحتاج فى تحليل السيال الطبيعى للحديد الى ملامسة الحديد بالجسم المغناطيسى فيكفى وضع الحديد على بعد من الجسم المغناطيسى وينشأ عن سهولة احداث تحليل السيالين وعود تركبهما فى الحديد انه اذا علقت اسطوانة صغيرة من الحديد فى جسم مغناطيسى صارت مثله قابلة للتأثير فى مثلها فاذا عرض لها اسطوانة اخرى جذبتها وكذا اذا عرض لهذه الأخيرة ثالثة وللثالثة رابعة وهكذا على حسب قوة الجسم المغناطيسى وليست قوة التحليل المغناطيسى واحدة فى جميع الأسطوانات فانها تتناقص بالابتعاد من الأولى ولذا اذا استمرينا على سلسلة هذه السلسلة المعلقة وصلنا الى اسطوانة لا تجذب غيرها اصلا فتكون حينئذ مجردة عن قوة التحليل وبعد الوصول الى هذا الحد يمكن ان ننقص قوة التحليل المغناطيسى أو نزيدها بان نضع فوق الجسم المغناطيسى القطب المضاد أو المماثل من جسم مغناطيسى آخر وحينئذ لا تحفظ السلسلة جميع تلك الأسطوانات أو تقبل اسطوانات أخر

والسيالان المغناطيسيان لا ينفصلان دائمًا بمجرد تعريض الأجسام المغناطيسية
فان الحديد المطروق والحديد الملوى والحديد المؤكسد انما تتمغطس بحكها بمغناطيس
أو ببقائها ملاصقة له زمنًا طويلًا لأن هيأت الحديد المذكورة تعوّق انفصال
السيال والقوة التى تحدث هذا التعويق تسمى بالقوة المعوّقة واذا تمغطس الحديد
الذى به القوة المعوّقة بقيت فيه خواصه المغناطيسية بعد انقطاع تأثير الأجسام
المغناطيسية فيؤثر فى الحديد غير المغطس تأثيرًا جذبيًا ويؤثر فى الأجسام
المغناطيسية تأثيرًا جذبيًا أو نفرتيًا فيلزم حينئذٍ تسليم ان فيه ايضًا قوة
معوّقة لعود تركب السيالين المنفصلين وتختلف هذه القوة فى الحديد فى عدة
احوال والحديد الذى ليست فيه هذه المعوّقة يسمى بالحديد المطاوع
فالقوة المعوّقة فى الفولاذ اقوى منها فى الحديد ومع ذلك فتتغير فيه لعدة
اسباب منها السقى فيزداد تأثيرها بزيادة السقى بحيث يمكن بواسطة السقى
الجيّد ان تكتسب الأبر والقضبان التى تستعمل فى التجاريب حالة مغناطيسية لا تختل
مدة عدة سنوات

فى الأجسام المغناطيسية

بيد الحديد وكثير من الأجسام الداخل فيها اتحادًا أو خلطًا فيها الخواص
المغناطيسيّة فان حجر المغناطيس الذى يوجد بكثرة فى معادن الحديد انما هو
مركب حديدى أوكسيجينى والفولاذ الذى يعمل منه المغناطيس الصناعى
مركب حديدى كربونى وكل من الفونت والپلمباجين واغلب الاسيد الحديد واملاحه
تتجاذب مع الأجسام المغناطيسية ومن الأجسام ما يضعف الخواص
المغناطيسيّة للحديد اكثر من غيره كالكبريت والزرنيخ باتحاده معه
ومن الأجسام البسيطة ما فيه الخواص المغناطيسية كالنيكيل والكوبلت والكروم
والمنجنيز وهذه الأجسام يمكن اكسابها القوة المعوّقة كالحديد ببعض
مؤثرات ميكانيكية أو ببعض طرق كيماوية فان المنجنيز لا يؤثر فى الأبرة

الممغطسة الا فى الحرارة التى درجتها من ١٥ الى ٢٠ تحت الصفر كما اظهر ذلك المعلم
پوييى بتجاريبه

والفرق بين الاجسام المغناطيسية والاجسام الممغطسة ان الأولى تحتوى
على السيالين فى الحالة الطبيعية وتؤثر تأثيرا جذبيا فى جميع نقط الابرة الممغطسة
واما الثانية فتحتوى على السيالين المنفصلين وتؤثر تارة بالجذب وتارة بالنفور

الدرس التاسع عشر

فى المغناطيسية الأرضية

١٠٤ يبد الأبرة الممغطسة الموضوعة على حامل والمتحركة بلا مانع حول مركزها فى مستو
افقى تتجه كما فى شكل (٩١) نحو الشمال فاذا
حوّلت عن هذا الوضع رجعت اليه بقوة غير
مدركة وبقيت فيه متوازنة بعد جملة
ارتجاجات فالقوة التى تؤثر فى الأبرة هى
القوة المغناطيسية لانها لا تغير اتجاه الأبر
التى من الخشب أو من النحاس او من جميع الاجسام

شكل ٩١

غير المغناطيسية وطريقة تأثيرها كطريقة تأثير الأجسام المغناطيسية لأن
قطب الأبرة المجذوب نحو الشمال لا يزال كذلك مهما حوّلت وضعها فى اى محل كان
من احد نصفى الكرة والقطب المدفوع عن الشمال المجذوب نحو الجنوب وكذلك
وهذه الحادثة تشاهد فى جميع اماكن النصف الواحد من الكرة وفى المعادن
العميقة جدًّا وفى الطبقات الجوية العالية جدًّا التى امكن الوصول اليها
وبمقارنة الأرصاد الواقعة فى جملة من اقطار الكرة بالنظر لجميع الحوادث ظهر
ان الأرض كأنها جسم مغناطيسى خطه المتوسط منحرف على خط الأستواء
وقطباه قريبان من قطبى الكرة الجغرافيين وكل قطب من القطبين المغناطيسيين
للكرة يسمى باسم القطب الجغرافى القريب منه وعليه فالقطب المغناطيسى

لجزء الكرة الذى نحن فيه يسمى بالقطب الشمالى والقطب المقابل له يسمى بالقطب الجنوبى وقطب الأبرة الذى يتجه نحو الشمال يحتوى على السيال الجنوبى لانه مجذوب بقطب الكرة الشمالى او بالسيال الشمالى المتسلطن فى هذا القطب واما قطبها الذى يتجه نحو الجنوب فانه يحتوى على السيال الشمالى فحينئذٍ تسمية قطبى الأبرة بالشمالى والجنوبى انما هو تابع لتسمية قطبى الأرض بالشمالى والجنوبى

فى الأنحراف

٤٠٥ قد ذكرنا ان الأبرة الممغطسة المتحركة حول مركزها فى مستوٍ افقى تتجه نحو الشمال ومع ذلك فلا ينطبق اتجاه الأبرة على الخط الجانبى بل يصنع معه زاوية تسمى بزاوية الأنحراف ثم ان الأنحراف هنا يكون شرقيًا أو غربيًا على حسب كون القطب الشمالى من الأبرة شرقى الخط الجانبى أو غربيه وكان فى مدينة باريس سنة ١٨٤٦ ميسحية غربيًا وكان يقرب من ٢٢ درجة

والمستوى الجانبى المغناطيسى هو المستوى المار بمركز الكرة وباتجاه الأبرة الممغطسة والمستوى الجانبى الجغرافى هو المستوى المار بمركز الكرة وبالخط الجانبى وهذان المستويان راسيان لان كلا منهما يمر بالخط الراسى والزاوية التى تحدث بينهما تقاس بالأنحراف

والآلات المعدة لقياس الأنحراف تسمى ببصل الأنحراف وابرة البصل فى مركزها فص من مادة متينة جدًا كالعقيق مثلاً وهى موضوعة على حامل راسى ومظروفة فى علبة وطرفاها يتحركان على مينة ساعية مقسومة الى اقسام متساوية وينبغى ان تكون رقيقة جدًا وان يكون شكلها ذا سنين حادين لاجل تقليل احتكاكها على حاملها وازدياد قوتها الأتجاهية ثم ان الأنحراف يتعين بتطبيق نهاية نصف قطر المينة المحاذى للصفر على الخط الجانبى وقراءة درج القوس المحصور بين هذا الصفر والطرف الشمالى من الأبرة والبصل المعدة للأرصاد الدقيقة أتم

على ... [illegible]

أتم واكثر تركيبًا من غيرها ووصفها يخرجنا عما نحن بصدده

وكانت البصلة مستعملة عند اهل الصين قبل الميلاد بنحو اكثر من الف سنة ولم تعرف في الأوربا الّا في القرن الثاني عشر حتى ان استعمالها لم يشتهر الا في سنة ١٢٠٠ مسيحية

في الميل

١٠٦ ابرة الميل هي ابرة ممغطسة في مركز ثقلها محور افقي تتحرك بدون عائق في المستوى الرأسي العمودي على هذا المحور والزاوية التي تصنعها مع الأفق تتغير بتغير وضع المستوى الرأسي الذي تتحرك فيه وتسمى زاوية الميل حين ينطبق هذا المستوى على المستوى الجانبي المغناطيسي ثم ان الأبرة تصنع مع الأفق اربع زوايا متساوية مثنى واصغر الزاويتين الحادثتين من نصفها الاسفل مع الأفق هي التي تؤخذ لقياس الميل فاذا كانت الأبرة متجهة مثلًا نحو ا ب كما في (شكل ٩٢) كانت الزاوية ا و د هي الميل وقد كانت زاوية الميل في باريس سنة ١٨٤٦ مسيحية ٧٦ درجة تقريبًا وكان القطب الجنوبي هو المائل على الأفق ويزداد الميل تبعًا للعرض ويختلف قليلًا عن ٩٠ درجة في الأقطار القطبية ويكاد ان ينعدم بالقرب من خط الأستواء

شكل ٩٢

وتتابع النقط المنعدم فيها الميل يكون حول الأرض منحنيًا يسمى بخط الأستواء المغناطيسي واحد جزئي هذا المنحنى غير منتظم في مساره واما الجزء الآخر فانه على شكل دائرة عظمى مائلة على خط الأستواء الجغرافي بقدر ١٥ أو ١٦ درجة ويتغير شكله ووضعه بتغير الزمن وينخفض قطب الأبرة الجنوبي نحو الأفق في جزء الكرة الكائن فوق خط الأستواء المغناطيسي ويرتفع ثانيًا في الجزء الآخر

الدرس العشرون

فى تغيرات الانحراف والميل

بند ١٠٧ قد تغير الانحراف فى مدينة باريس من ابتدا سنة ١٥٨٠ سنة ميسحية بقدر ٣٢° بالأقل فكان ١١° ٣٠′ نحو المشرق سنة ١٥٨٠ سنة ميسحية و ٢٢° ٤′ نحو المغرب سنة ١٨٣٢ سنة وكان الطرف الشمالى من الأبرة متجهًا دائمًا نحو المغرب من ابتدا سنة ١٥٨٠ سنة الى سنة ١٨١٩ سنة أو سنة ١٨٢٠ سنة ويقرب الأن من المشرق واكبر انحراف غربى حصل فى باريس كان ٢٢° ٩′ ويتغير الميل ايضًا فى المحل الواحد بتغير الزمن فقد نقص فى باريس من ابتدا سنة ١٦٧٠ سنة وهى سنة مبدأ الأرصاد فكان ٧٥° فى المدة المذكورة وفى سنة ١٨٤٦ سنة وصل الى ٦٧° ٤٠′ وتغيرات الانحراف والميل ليست واحدة فى السنة الواحدة

بند ١٠٨ الأبرة الممغطسة منقادة لتغيرات يومية كالعمود البارومترى فتبتدئ فى التحرك فى الساعة السابعة أو الثامنة قبل الزوال ويتجه قطبها الشمالى غرب الجانبى المغناطيسى ويتم زوغانها بين الزوال والساعة الثالثة بعده ثم ترجع الى المشرق فى الساعة الثامنة أو التاسعة بعد الزوال وتبقى ثابتة تقريبًا مدة الباقى من الليل وليست التغيرات اليومية واحدة فى جميع اوقات السنة فهى فى الصيف اكبر منها فى الشتاء ومقدارها المتوسط من ١٤′ الى ١٥′ فى مدة الربيع والصيف ومن ٨′ الى ١٠′ فى مدة الخريف والشتا وقد ظهر من ارصاد المعلم كاسينى أن الأبرة الممغطسة منقادة للتغيرات المذكورة فى مغارات رصدخانة باريس التى عمقها ٢٨ مترًا تحت سطح الأرض

والتغيرات اليومية أقل انتظامًا فى دانيمارقة وفى اسلنده وكل اقليم أقرب للقطب الشمالى من غيره فلا تصل التغيرات المذكورة فيها النهايات فى الساعات المذكورة ولا تبقى الأبرة ثابتة مدة الليل كما فى اقاليم فرانسا وسعتها القوسية تزيد فيها عن سعتها فى باريس وتتناقص تلك التغيرات فى الأقاليم الأستوائية

حتى يظهر انعدامها بالكلية على خط الأستواء المغناطيسى وتنعكس تلك التغيرات في نصف الكرة الجنوبى اعنى ان الطرف الشمالى من الأبرة يتجه نحو المشرق فى الساعات التى كان يتجه فيها نحو المغرب فى نصف الكرة الشمالى ولا يمكن رصد التغيرات اليومية الابواسطة الآت دقيقة

ويحصل ايضًا للأبرة المغنطسة فى بعض الأحيان تغيرات عارضية اى اضطرابات تحدث غالبًا من الإسفار الشمالى وتظهر قبل ظهوره بجملة ساعات ولا تنقطع الا بعد انقطاعه بجملة ساعات وتتأثر الابرة المغنطسة من تأثيره ولو من بعد عظيم فتحدث زوغانًا يزداد كلما كانت الابرة بالقرب من محل ظهوره والإسفار الشمالى نادر الحصول فى اقاليم فرانسا ويظهر غالبًا فى الأقاليم الشديدة القرب من الشمال سيما فى الأقاليم القطبية وهذا الحادث يظهر عادة وقت غروب الشمس بضباب يشاهد نحو الشمال وبضوء يظهر انه صاعد على هيئة خطوط رأسية من جميع نقط الأفق ثم بعد برهة يرتفع عمودان عريضان من الضوء شرقى الخط الجانبى المغناطيسى وغربيه يمتدان شيأ فشيأً ثم يميل كل منهما للآخر ويجتمعان على ارتفاع عظيم والمسافة الكاينة فى هذا القوس تكون فى العادة معتمة جدًا ولا تستنير الا بضوء ضعيف يأتيها من المسافات الشديدة القرب منها واما القوس فانه يكون نيرًا جدًا ويقذف على الدوام شهبًا من النار ترتفع فوق تحدبه وتتجه نحو سمت رأسه فتتركز هنالك فى دائرة صغيرة جدًا وتكون تاج الإسفار الشمالى فعند ذلك يتم تكون الإسفار المذكور وبعد برهة تقل تلك الشهب ويضعف الضوء فينعدم التاج ويصير القوس مظلمًا

ولا يكون الإسفار الشمالى مضيئًا بالكلية ولا كاملًا بل الغالب ان يكون التاج ناقصًا وعمودا الضوء الخارجان من الأفق لا يمكن اجتماعهما والغالب ايضًا ان لا يظهر الا نور قوى بدون قوس وبدون تاج

والى الأن لم يوضح الإسفار الشمالى توضيحًا كافيًا ومع ذلك فقد تحقق انه مرتبط

بالمغناطيس الأرضى ارتباطًا قويًا لانه اولًا يؤثر تأثيرًا قويًا فى الأبرة المغطسة وثانيًا أن رأس القوس الضوئى يوجد دائمًا على جانبى المغناطيسى وثالثًا ان تاج الأسمار يظهر على اتجاه ابرة ميل المحل الذى يحدث فيه هذا الحادث وكل من الطفحات البولكانية والزلازل الأرضية تساعد الاسفار الشمالى لاختلال المتغيرات اليومية للأبرة المغطسة

الدرس الحادى والعشرون
فى التأثيرات الاتجاهية للأرض

سيد تأثير الأرض فى الأجسام المغناطيسية ليس كقوة جذبية ولا كقوة دفعية ولا يمكن بيان تأثيرها الا بالازدواج ولاثبات هذا يلزم فى اول الأمر اعتبار ان القطبين المغناطيسيين للأرض كائنان على بعد لانهائى بالنسبة لامتداد الأجسام المغناطيسية وعليه فيمكن ان تعتبر تأثيرات المغناطيس الأرضى فى السيالين الحالين الكائنين فى الجسم المغناطيسى قوى متوازية وتأثيرات القطب الشمالى الأرضى فى عناصر السيال الجنوبى المنعزل فى احد جزئى الجسم المغناطيسى تؤل الى قوة محصلة مساوية لمجموعها وكذلك تأثيرات القطب الشمالى فى عناصر السيال الشمالى المنعزل فى الجزء الآخر فانها تؤل ايضًا الى قوة محصلة مساوية لمجموعها فينتج من هاتين المحصلتين ازدواج لانهما متوازيتان ومتساويتان ومتجهتان فى جهتين متضادتين وواقعتان فى نقطتين مختلفتين وتأثيرات القطب الجنوبى الأرضى فى الجسم المغناطيسى تؤول ايضًا الى ازدواج والأزدواج المركب من هذين الأزدواجين البسيطين هو الذى يبين التأثير المغناطيسى الأرضى فى الجسم المغناطيسى

فينتج من هذا أن تأثير مغناطيس الأرض فى الجسم المغناطيسى لا يمكن تحويله الى قوة واحدة وتحقيق هذه النتيجة بالتجربة ان يقال لو وجدت قوة واحدة لأمكن تحليلها الى اثنتين احداهما رأسية والأخرى افقية

ابراهيم

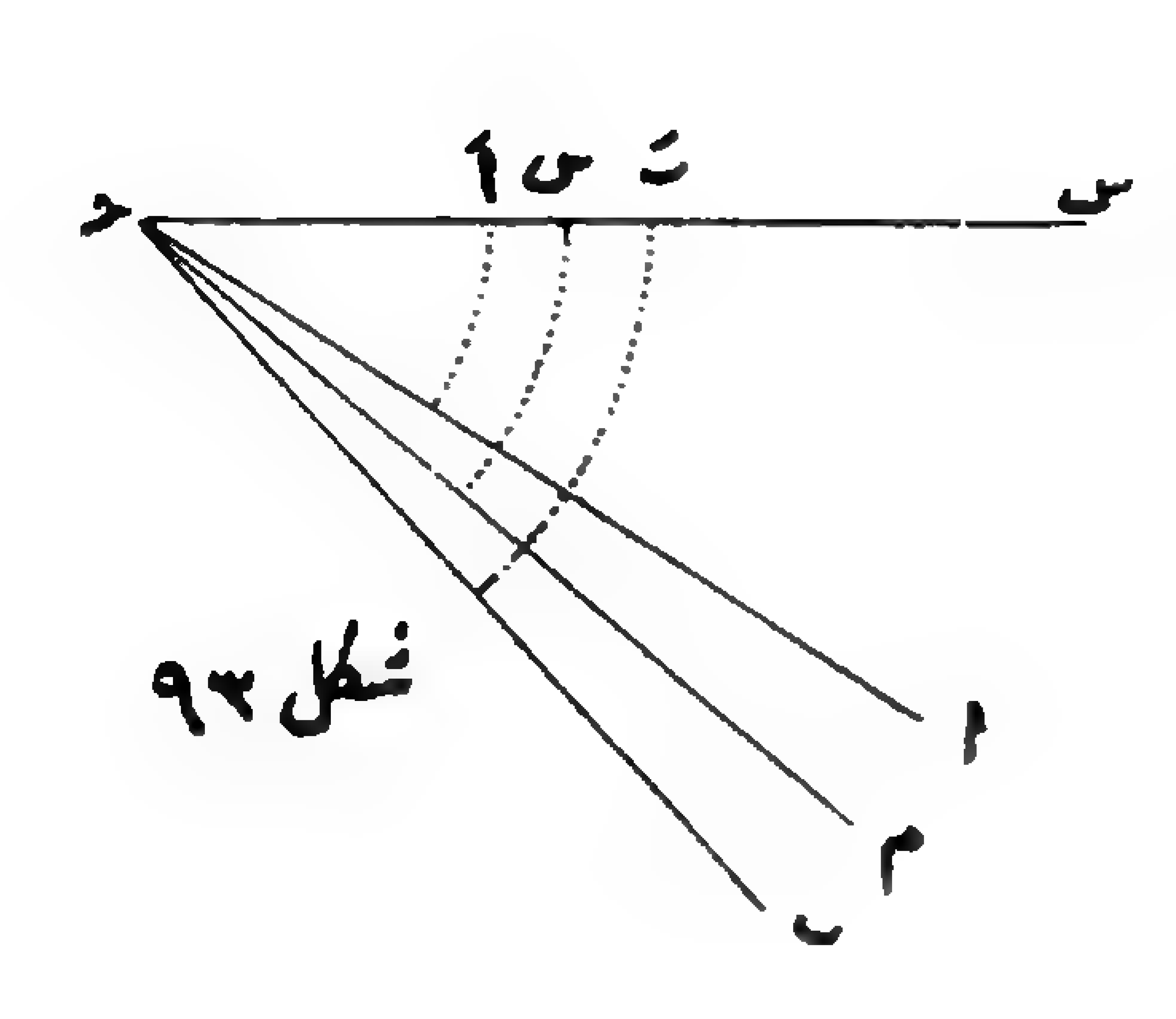
افقية فلو وجدت القوة الرأسية لأضيفت الى ثقل الجسم المغناطيسى أو طرحت منه بحسب تأثيرها فى اتجاه التثاقل أو فى اتجاه مضاد له وعليه فلا يكون ثقل قضيب الفولاذ قبل المغطسة وبعدها واحدًا مع انه واحد فلا وجود للرأسية ولو وجدت القوة الأفقية لعرفت بوضع ابرة ممغطسة على قطعة من خشب الفلّين سابحة على سطح ماء راكد لانها حينئذٍ تجذب الفلّين حتى يمس ما يمنعه مع انه لا وجود لأثر هذه الحركة فلا وجود للأفقية بل الواقع ان الأبرة تأخذ اتجاها معينًا ومتى وصلت الى هذا الاتجاه بقيت فيه ثابتة ولو وضعت فى وسط مجسم مائع فبهذه المثابة لا يمكن ان يجذب التأثير المغناطيسى الأرضى الأجسام المغناطيسية ولا ان ينفرها بل يوجهها بدون ان يحوّل مركز ثقلها وليس الأمر كذلك اذا كان الجسم المغناطيسى قريبًا جدًا من احد قطبى الأرض لانه فى هذه الحالة لا تكون القوى المغناطيسية متوازية فحينئذٍ تؤثر الأرض فى الجسم المغناطيسى تأثيرًا جذبيًا أو دفعيًا على حسب طبيعة الأقطاب الأشد قربًا من غيرها

ويمكن تعيين اتجاه قوى الأزدواج الأرضى فى اى نقطة من الكرة الأرضية فانه ينطبق دائمًا على اتجاه ابرة ممغطسة معلقة من مركز ثقلها بخيط غير مبروم لا يمنعها عن الحركة لأن الأبرة المعلقة بهذه الكيفية لا يمكن ان تبقى متوازنة الا اذا كان محورها على اتجاه القوى المغناطيسية المؤثرة فيها ويتبين ايضًا اتجاه القوة المغناطيسية للأرض بوضع ابرة الميل المتحركة فى المستوى الجانبى المغناطيسى وضعًا متوازنًا

ونقطتا وقوع قوتى الأزدواج الأرضى هما قطبا الأبرة والمستقيم المار بهاتين النقطتين هو الذى يلزم اخذه لبيان اتجاه التأثير المغناطيسى الأرضى فى ابرة الميل أو فى اى ابرة مطلقة التعليق وهذا المستقيم هو المسمى بمحور الأبرة المغناطيسى وينطبق على محور شكلها حين يكون تمغطس الأبرة منتظمًا وينحرف عنه حين يكون تمغطسها غير منتظم

وحين يكون تمغطس الأبر غير منتظم كما هو الواقع عادة تستعمل طريقة بديعة معروفة

باسم طريقة التقليب فائدتها تعيين مقدار الميل بالضبط وتعيين اتجاه التأثير المغناطيسي الأرضي فاذا كان ح مركز ابرة ميل كما في (شكل ٩٣) و ح س الأفقي المار بالنقطة ح في المستوى الجانبي المغناطيسي و ح م محور الأبرة المغناطيسي فمحور شكلها يأخذ اتجاهًا غير اتجاه ح م كالاتجاه



شكل ٩٣

ح ا مثلًا ويصنع زاوية ا ح س = اً أصغر من الميل فاذا قلبنا وجهي الأبرة لتأخذ محورها وضعًا آخر كالوضع ح ب وصنع زاوية ب ح س = تً اكبر من الميل وحيث ان الزاويتين ا ح م و ب ح م متساويتان يكون ٢ س = اً + تً أو س = $\frac{اً+تً}{٢}$

وهو مقدار الميل اعني ان الميل يتحصل بأخذ نصف مجموع الزاويتين الحادثتين من محور شكل الأبرة مع الأفق في وضعيها وكثيرًا ما تستعمل طريقة التقليب في الطبيعة والفلك فالواجب استعمالها فيما اذا اريد تعيين اى ميل أو اى انحراف

الدرس الثاني والعشرون

في المغطسة

في المغطسة بتأثير الأرض

١١١ حيث ان الأرض تشبه الجسم المغناطيسي تؤثر في الأجسام المغناطيسية اما في جذب سياليها المنفصلين أو في دفعهما أو في تحليل سيالها الطبيعي وجميع هذه الأجسام منقادة على السوية لتأثيرها فيها غير ان التأثيرات التي تحدثها فيها تتغير تبعًا لقوتها المعوقة ولأبعادها ولشكلها ولوضعها بالنسبة للمحور المغناطيسي الأرضي ولنعتبر تأثيرها في الحديد المطاوع فنقول

اذا اخذ قضيب من الحديد المطاوع طوله ١١٠ الى ١٢٠ سنتمترًا ووضع رأسيًا والأحسن ان يكون وضعه في اتجاه المحور المغناطيسي الأرضي وقرب لأماكن منه

مختلفة ابرة صغيرة ممغطسة تبين ان الأماكن السفلى تجذب قطبها الشمالى وان
الأماكن العليا تنفره وتبين ايضًا ان التأثير الحادث يتزايد بالأبتداء من الاماكن
المتوسطة الى الأماكن المتطرفة فينتج من ذلك أن قضيب الحديد المطاوع قد
تمغطس بتأثير الأرض وان سياليه صارا موضوعين بكيفية ان الجزء الأسفل موضوع
بالقرب من القطب الشمالى من جسم مغناطيسى

وتقل قوة تحليل سيالى الحديد كلما قل طول القضيب ويكاد ان ينعدم اثر التحليل
اذا كان طول القضيب بعض مليمترات وتقل قوة التحليل ايضًا اذا زاد ميل القضيب
على المحور المغناطيسى الأرضى وينعدم التحليل بالكلية فى المستوى العمودى
على هذا الأتجاه

والسيالان المحللان فى الحديد المطاوع يميلان دائمًا الى عود تركبهما بتجاذبهما
فيعود تركبهما كلما صار القضيب ممنوعًا عن تأثير الأرض أوكلما كان اتجاهه
غير رأسى بالكفاية وهذا التركب وقتى كان التحليل كذلك ولهذا يكفى قلب
القضيب لاجل ان يتعاكس وضع السيالين فيتمغطس بالعكس ومهما كان التقليب
سريعًا متعددًا فالطرف الأسفل من القضيب هو الذى يحتوى دائمًا على السيال
الجنوبى (هذا فى نصف الكرة الشمالى وعكسه يحصل فى نصف الكرة الجنوبى)

ويمكن تثبيت القطبين فى قضيب الحديد ومنع عود تركيب سياليه وذلك بتقوية
قوته المعوقة مدة التأثير الأرضى بطرقه بمطرقة على حد طرشيه فيحفظ بعد
الطرق مغناطيسيته فى سائر أوضاعه ولا يتغير قطباه والقوة المعوقة الحادثة
بالطرق لا تمكث زمنًا طويلاً لانها تنعدم بعد جملة ايام والغالب انعدامها
بعد جملة ساعات فيضطر لطرق جديد لأحداثها وكل من اللى وتأثير البرد والتأكسد
واغلب المؤثرات الميكانيكية أو الكيماوية تولد القوة المعوقة ايضًا فى الأجسام
المغناطيسية وتثبت السيالين المحللين بتأثير الأرض ولهذا يندر وجود جسم من
هذه الأجسام خاليًا عن التمغطس بقوة أو ضعف

وقد يتحصل من سلوك الحديد المطاوع مغناطيس صناعى شديد القوة وذلك بالبناء

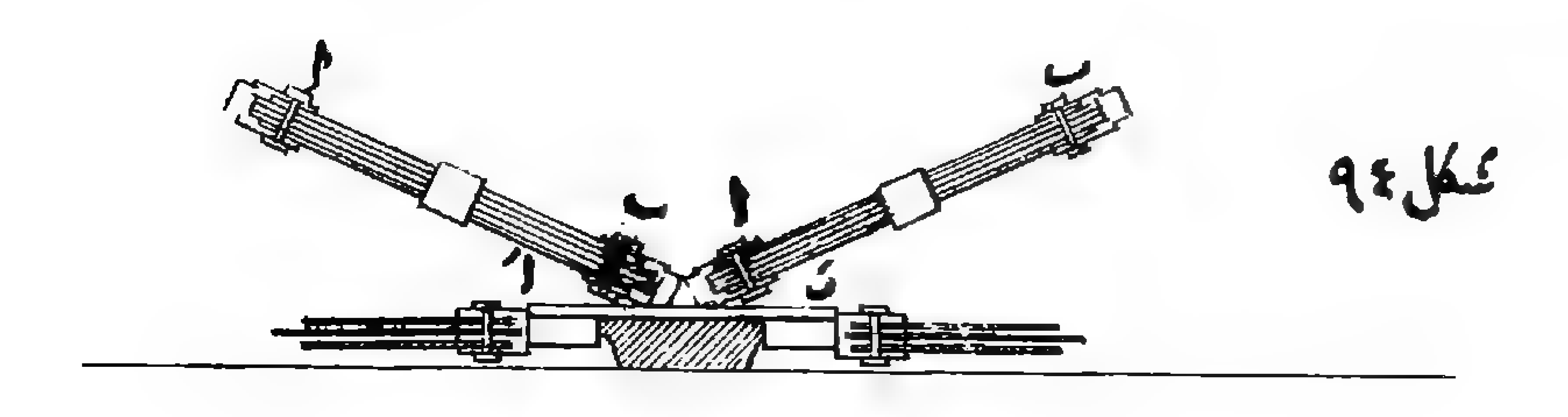
على الأعتبارات المقدمة وكيفية ذلك ان يوخذ نحو خمسين سلكا طول الواحد منها من ٣٠ الى ٤٠ سنتمترا وتلوى واحدا بعد واحد مع حفظها رأسية فيصير كل واحد من هذه السلوك جسما مغناطيسيا ويكفى أن تجمع من اقطابها المتماثلة ليتكون منها حزم كافية لسقى قضبان الفولاذ سقيا قويا مغناطيسيا

فى المغطسة بتأثير القضبان

١١٢ اذا جعل طرف قضيب من الفولاذ مماسا لقطب جسم مغناطيسى انحل تركيب سيالى القضيب شيأ فشيأ بالتأثير واكتسب قطبين وخطا متوسطا كالاجسام المغناطيسية المعتادة وطرف القضيب القريب من نقطة التماس يكتسب قطبا مضادا لقطب الجسم المغناطيسى وطرفه الأخر يكتسب قطبا متحدا معه فى الأسم لكن اذا كان القضيب طويلا جدا أو كانت قوته المعوقة شديدة جدا فالتأثير المحلل لايصل الى طرفه الأخر وينقطع على بعد من نقطة التماس وبعد هذا الحد لايوجد اثر المغطسة فى القضيب فاذا كان وسط القضيب مماسا للمغناطيس أو كان التماس حاصلا فى نقطة غير طرفيه اكتسب القضيب قطبا فى هذه النقطة وقطبين متحدى الأسم فى كل من الجهتين وحينئذ يكتسب القضيب نقطة مُنْتَجَة ومجرد التماس بالمغناطيس يحدث مغناطيسية قليلة ولهذا استعملوا طرقا اخرى لأحداث مغطسة قوية

فى المغطسة بطريقة المعلم دوهاميل وهى طريقة اللمس البسيط

١١٣ كيفية المغطسة بهذه الطريقة ان يوخذ قضيبان قويا المغطسة كما فى شكل (٩٤)



شكل ٩٤

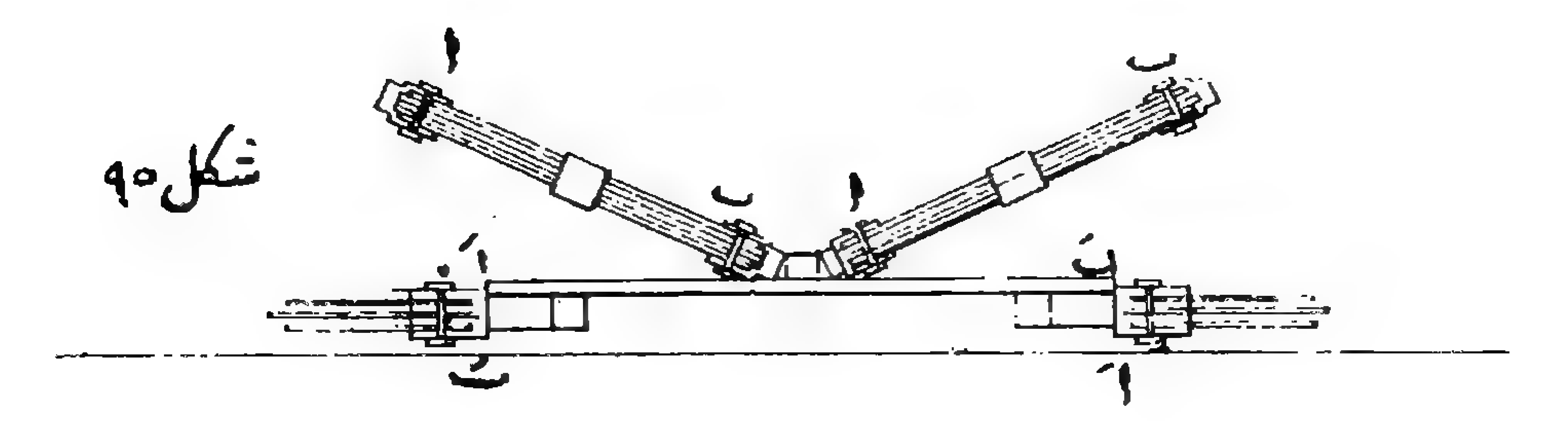


ابراهيم

ويوضعان على خط مستقيم ولهذا بحيث يكون القطبان المتضادان متحاذيين ثم توضع الصفيحة المراد مغطستها بين هذين القطبين والأحسن ان توضع على طرفيهما ثم يؤخذ قضيبان أخران ويوضعان على وسط الصفيحة بقطبيهما المتضادين مع ميلهما عليها بنحو ٥ْ، ويزلقان معًا نحو طرفيها مع حفظ ميلهما ومتى وصلا الى طرفيها يرفعان ويوضعان في الوسط ويزلقان ثانيًا ويلزم ان يتكأ بطرفي القضيبين المنزلقين على الصفيحة اى بطرف قطب موافق لأقرب القطبين الثابتين لانه بهذه الكيفية يقوى تأثير هذين القضيبين ويتهيجان العناصر المغناطيسية المتحدة الطبيعة في جهة واحدة ومن المستحسن وضع نقطتى الصفيحة اللازم جعل القطبين فيهما على القضيبين الثابتين وتقديم الصفيحة بنحو ٤٠ مليمترًا على كل منهما اذا كان طولها يزيد عن ١٨ أو ١٩ سنتمترًا واما اذا كان طولها ٨٠ أو ٩٠ مليمترًا فيلزم تقديمها ١٥ أو ١٦ مليمترًا ومن المستحسن ايضًا تحريك القضيبين المنزلقين تحريكًا بطيئًا منتظمًا بحيث يصلان معًا الى طرفي الصفيحة لأنه بهذه الكيفية يقوى تأثيرًا القضيبين وتصير المغطسة اكثر انتظامًا من غيرها وهذه الطريقة هي المختارة لمغطسة ابر البصل والصفائح التي لا يزيد سمكها عن ٤ أو ٥ مليمترات وحين تكون الأبر أو الصفائح رقيقة بحيث لا تتحمل ثقل القضيبين بانزلاقهما عليها توضع على قطعة من خشب تجعل بين قطبى القضيبين الثابتين

في المغطسة بطريقة المعلم ايبينوس وهى طريقة اللمس المزدوج

١١٤
صد كيفية المغطسة بهذه الطريقة ان توضع الصفيحة المراد مغطستها على طرفي قضيبين ثابتين كما في طريقة المعلم دوهاميل وان يكون القضيبان المراد انزلاقهما مائلين بقدر ١٥ أو ٢٠ درجة فقط وهذان القضيبان مرتبطان ببعضهما كما في (شكل ٩٥) على بعد ثابت بواسطة قطعة صغيرة من خشب أو من نحاس أو من اى جسم ليس مغناطيسيًا ويزلقان معًا من الوسط الى احد الطرفين ثم من هذا الطرف الى الطرف الآخر ويعاد ذلك مرارًا كثيرة



ويلزم الاهتمام بتمرير القضيبين على جميع اجزا الصفيحة بجدية واحدة اى انه يلزم دائماً الانتهاء بالوسط والرجوع الى هذه النقطة من الطرف المقابل للطرف الذى كانت مبدأ السير وتستعمل هذه الطريقة غالباً فى الصفائح والقضبان التى يزيد سمكها عن ٥ أو ٦ مليمترات لانها تحدث فيها قوة اشد من التى تحدث فيهما من طريقة المعلم دوهاميل غير ان فيها خلل هو انها تحدث مغطسة اقل انتظاماً من غيرها وتولد غالباً نقطا منجمة

الدرس الثالث والعشرون

فى التشبيع بالمغطسة

١١٥ يمكن ان يكتسب الفولاذ كمية مغناطيسية تتزايد بتزايد قوة القضبان المغطسة لكنه لا يحفظ من المغناطيس الاكمية محدودة تبقى ثابتة بثبات الاحوال ولا تتعلق الا بقوته المعوّقة فيقال انه مشبع من المغناطيسية اى انه مغطس الى حد التشبيع اذا استوى على النهاية الكبرى من سياله المحلل الذى يمكن حفظه وتسهل معرفة كون القضيب مغطساً الى حد التشبيع بمغطسته مرة أخرى بواسطة قضبان اقوى من التى استعملت اول مرة ثم قرن شدتيه المغناطيسيتين قبل المغطسة الأخيرة وبعدها فاذا اكتسب من المغطسة الثانية شدة اعظم مما اكتسبها من المغطسة الأولى وحفظها ظهر انه غير مشبع فى الحالة الأولى واما اذا كانت شدته الثانية عين الأولى او كانت أقوى منها قليلاً وفقدها بعد مدة ظهر انه مشبع

فى تأثير السقى والتحميص فى القوة المعوّقة

بيد يكفي لسقي الفولاذ احماؤه الى درجة مرتفعة ثم تبريده بسرعة بغمسه في حمام ماء أو زيتي أو غير ذلك ويكفي لتخميصه احماؤه الى درجة مرتفعة وتركه ليبرد تدريجًا في الهواء ودرجات السقي والتخميص متنوعة وذلك ان السقي يكون قويًا كلما كانت درجة احماء الفولاذ اعلى من غيرها وكان التبريد اسرع من غيره وان التخميص يكون اتم كلما كان الفولاذ محمى بكثرة وكان تبريده ابطأ ودرجات الحرارة الموافقة للدرجات المختلفة من السقي والتخميص لا تقدر بالضبط بالدرجات المايشنية غير انه ليس في معرفتها صعوبة كلية فيتوصل الى ذلك بملاحظة الألوان المتنوعة التي يتلون بها الفولاذ من تأثير الحرارة فانه اذا احمي بالتدريج ظهر انه يفقد أولًا لمعانه المعدني ثم يصير أصفر فاقعًا ثم برتقانيًا فاتحًا ثم برتقانيًا غامقًا ثم احمر بنفسجيًا ثم ازرق فاتحًا ثم يتلون بعد ذلك بلون ضارب الى الخضرة معروف باسم خضار الماء ثم ينتقل الى الأحمرار القاتم ثم الى الأحمرار الفاتح ثم الى الأحمرار الكرزى المفتوح ثم ينتهي بلون الأحمرار الضارب الى البياض وكل من هذه الألوان يطابق درجة سقي أو تخميص تختلف عن غيرها فالأصفر الفاقع مطابق للحرارة التي درجتها ٣٠٠° تقريبًا وخضار الماء مطابق لدرجة ٤٥٠° والكرزى المفتوح مطابق لدرجة ٩٠٠° والأحمرار الضارب للبياض هو اللون اللازم لأحماء الفولاذ ليصير جيد السقي أو ليصير اشد تخميصًا

ويسهل تعيين تأثير السقي أو التخميص في القوة المعوقة بان يسقى قضيب من الفولاذ سقيًا بدرجة ما أو يخمص كذلك ويغطس الى حد التشبع ويحسب عدد الرجات الناتج من تأثير الأرض فيه في زمن معين ثم يسقى القضيب المذكور بدرجة مخالفة للدرجة الأولى أو يخمص كذلك ويغطس ثانيًا الى حد التشبع ويحسب عدد رجاته الحادثة في زمن مساوٍ للزمن المذكور فحيث ان القوتين المغناطيسيتين متناسبتان لمربعي عدد الرجات يثبت ان الفولاذ الجيد السقي يكتسب بالمغطسة اعظم قوة مغناطيسية واعظم قوة معوقة ومع ذلك فالأبر المستعملة في البوصل لا تسقى في العادة الا الى اللون الأزرق الفاتح لانها تكتسب حينئذٍ قوة معوقة عظيمة ويكفي ذلك في عدم سهولة كسرها اذ لا يمكن منعه باعظم سقي

فى تأثير الحرارة فى القوة المعوقة

اذا أحمى الجسم المغناطيسى الطبيعى الى درجة الأحمرار لا يبقى فيه بعد تبريده
أثر المغناطيسية الحالة وينعدم قطباه وخطه المتوسط ويلزم مغطسته لترجيعها
اليه والأجسام المغناطيسية الصناعية تفقد ايضا خواصها بتأثير الحرارة فيها
ولا تعود لها الا بسقى جديد ومغطسة جديدة

ولا يعود تركب السيالين المغناطيسيين فى درجة الأحمرار فقط بل يعود تركبهما
تدريجيا كلما ازدادت الحرارة ويتحقق ذلك بتحمية جسم مغناطيسى عدة مرات
الى درجات مختلفة بحيث يتبرد فى كل مرة ويعين مقدار قوته المغناطيسية فيها فيظهر
ان مقادير القوة تتناقص الى اعظم درجة حرارية

وهنا شهادة ينبغى الالتفات اليها وهى ان تأثير الحرارة فى المغناطيسية يحتاج الى
مدة طويلة أو قصيرة بحسب قوة الحرارة المؤثرة فيها فقد غمست ابرة ممغطسة
مرارا فى الماء الغالى وتركت مدة ١٠ فى كل مرة وبعد تبريدها فى كل مرة كان يحسب عدد
الرجات التى احدثتها فى أوقات متساوية فظهر ان مقادير القوى المغناطيسية تناقصت
فى كل انغماس وانعدمت فى الأنغماس السادس وهذه النتيجة والتى قبلها نتجتا
من تجاريب المعلم كوبفير

وقد اظهر المعلم كوبفير ايضا ان تغيرات حرارة الجو كافية فى تغيير القوة المغناطيسية
القضيب الواحد وان الشدة المغناطيسية للقضيب المذكور تتناقص بتزايد حرارة
الجو وتتزايد بتناقصها وقد انشأ هذا الماهر جداول تحتوى على نسب مقادير
القوى المغناطيسية للقضيب الواحد فى درجتين مختلفتين من الحرارة فينبغى استعمالها
عند ما يراد تعيين الشدة المغناطيسية الأرضية فى اماكن مختلفة من سطح
الأرض أو فى أوقات مختلفة فيها الأرصاد جارية فى درجات مختلفة من الحرارة



الدرس الرابع والعشرون

في حوافظ المغناطيس

٨١٨ — حين يراد حفظ مغنطسية الأجسام المغناطيسية الطبيعية أو الصناعية لا ينبغي وضعها كيفما اتفق لا بالنسبة لبعضها ولا بالنسبة للأرض لأن شدتها المغناطيسية تتزايد في بعض الأوضاع وتتناقص في أوضاع أخر فاذا وضع مثلا القضيب ا ب كما في شكل (٩٦) بالقرب من القطب الجنوبي ا من جسم مغناطيسي وفرض ان القطبين المتحدى الاسم موضوع كل منهما حذاء الآخر أثر القطب الجنوبي من الجسم المغناطيسي في السيال الشمالي للقضيب تأثيرا جذبيا واثر تأثيرا نفريا في سياله الجنوبي وانجتهد دائما في عود تركيبهما فيحصل عود تركيب جزئي بعد برهة يسيرة سيما بعد طرق احد طرفي القضيب بمطرقة وينعكس الأمر اذا قرب القطبان المتضادان لبعضهما فيمكن حينئذ ان يحدث التحليل في القضيب فتزداد قوته واذا وضع القضيب المنقاد الى تأثير الأرض وضعا رأسيا حصل فيه عود تركيب وتحليل مغناطيسي على حسب كونه قطبه الجنوبي في الجهة العليا أو في الجهة السفلى

شكل ٩٦

وقد توضع قطع من الحديد المطاوع على اقطاب الأجسام المغناطيسية وهذه القطع الحديد تسمى حينئذ بحوافظ الأجسام المغناطيسية وهي معدة لحفظ قوتها وذلك ان كلا من قطبي الجسم المغناطيسي يحلل السيال الطبيعي للحافظ فينفر السيال المتحد معه في الاسم ويجذب السيال المضاد له والسيال المجذوب يؤثر ايضا في سيالي الجسم المغناطيسي ويمنع عود تركيبهما

واما ابر بوصلة الانحراف والميل الدائرة في الأعمال فلا تحتاج الى حوافظ لأن تأثير مغناطيس الأرض يمنع دائما عود تركيب سيالاتها فيسد مسد حوافظ الحديد المطاوع وليس كذلك في القضبان المغنطسة فلهذا يجعلون لها في العادة حوافظ عند عدم استعمالها في التجاريب وتوضع متوازية في علبها بحيث تكون الأقطاب المتضادة متحاذية ويجعل

على اطرافها منشوران صغيران من الحديد يتممان المستطيل فيضاف تأثير هذين المنشورين للتأثير الجذبي للأقطاب المتحاذية ليحفظ قوتها الأصلية في كل من القضيبين

والحزم المغناطيسية دائماً هو افقط كما في شكل (٩٧) وهذه الحزم مركبة من صفائح مستطيلة موضوعة فوق بعضها ومجتمعة اجتماعاً

شكل ٩٧

قويا والعادة ان تكون ثلاث طبقات وصفائح الطبقة المتوسطة تزيد في الطول عن صفائح الطبقات المتطرفة بقدر ٦ أو ٧ سنتمترات واطرافها مثبتة في قطعتين من الحديد ا و ب مجعولتين كالحافظين ومثبتين بواسطة حلقتين من النحاس حَ و ءَ

والقضيبان الثابتان المستعملان في طرق المغنطسة يتركبان من طبقات كل طبقة تحتوي في الغالب على خمس صفائح والقضيبان المزلقان يحتويان على صفيحتين أو ثلاثة ولا ينبغي أن يظن أن تأثير الحزمة المغناطيسية يساوي مجموع تأثيرات الصفائح المركبة لها فإن تأثيرها اضعف دائماً من تأثير المجموع وقد اظهر ذلك المعلم كلمب فاخذ لوحا من الفولاذ وقطعه ١٦ صفيحة مستطيلة ومغطسها الى حد التشبيع كل واحدة على حدتها وجعلها حزما بوضعها فوق بعضها وربطها بخيوط من الحرير ثم علقها في ميزان البرم ولاحظ عدة البرم اللازمة لحفظها على ٣٠° من الجانبي المغناطيسي فظهر له أن عدة البرم لا تتزايد تزايداً مناسباً لعدد الصفائح الموضوعة فوق بعضها وان تأثيرات الحزم لا يساوي مجموع تأثيرات الصفائح المركبة لها وقد عزل المعلم المذكور صفائح احدى الحزم وعيّن القوة المغناطيسية لكل من تلك الصفائح كل واحدة على حدتها فظهر له ايضاً ان الصفائح المركزية تناقصت شدتها وينتج ايضاً من تجاريب المعلم نوبلي ان الصفائح المذكورة تكتسب اقطاباً متضادة بتأثير الصفائح المتطرفة ثم تنقص قوة الحزمة بدل ان تزيدها وكذا يحصل في الجزء المركزي من القضبان المغطسة

كما شوهد ذلك فى اسطوانتين من الفولاذ متحدتى القطر والطول احداهما مجوفة والأخرى مصمتة ومغنطستين الى حد التشبع بعد سقيهما بكيفية واحدة

وفى بعض الأحيان تستعمل اجسام مغناطيسية على هيئة نعل الفرس كما فى شكل (٩٨) وهى مركبة من عدة صفائح من الفولاذ مصفوفة فوق بعضها ومرتبطة ارتباطاً قوياً ببرم نافذة فيها فتمغنطس كل صفيحة على حدتها بطريقة اللمس المزدوج ولذلك توضع الأقطاب المتضادة من جسمين مغناطيسيين على وسط تحدب الصفيحة ثم يزلقان من هذا الوسط الى الطرفين ا و ب اللازم جعل القطبين فيهما ويوضع عادة تحت الجسم المغناطيسى قطعة من الحديد المطاوع س ص تجعل له كالحافظ وهذه القطعة التى تسمى بالحامل أو اللامس تستعمل ايضاً لتحمل الأثقال المراد تحمل الجسم المغناطيسى بها

شكل ٩٨

وقد شوهد فى حجر المغناطيس غريبة لم تعلم حكمتها الى الآن وهى ان الحجر اذا كان يرفع بقوة الجذب زنة عشرين كيلو غراما من الحديد وزيد له فى كل يوم مقدار لطيف تحمله حتى يصير يرفع ثلاثين أو اربعين كيلو غراما غيرانه متى زاد المقدار عن طاقته دفعة سقط ولا يرفعه بعد ذلك الا اذا قدم له جزأ فجزأ على التدريج حتى يصل الى المقدار الأول

بدأ بنسخ اصول طبع هذا الجزء الفقير الى مولاه الشكور
عبد محمد مذكور وتمه الفقير الى ربه المجيب عبده حسن نجيب

بمطبعة المهندسخانة الخديويه
ببولاق
م
سنة ١٢٦٨ غاية جمادى الاولى من الهجرة المحمديه
على صاحبها افضل الصلاة وازكى التحيه
م

